2604

THE
CHARLES MYERS
LIBRARY

Spearman
Collection

NATIONAL INSTITUTE
OF
INDUSTRIAL
PSYCHOLOGY

~~S.C. 31.~~

GB

Med
K36098

NATIONAL INSTITUTE OF
INDUSTRIAL PSYCHOLOGY
LIBRARY
ALDWYCH HOUSE, W.C.2.

NATIONAL INSTITUTE OF
INDUSTRIAL PSYCHOLOGY
LIBRARY
ALDWYCH HOUSE, W.C.2.

PSYCHE

UND

LEBEN.

Mind & life

VON

Dr. **W. v. BECHTEREW,**

AKADEMIKER UND O. Ö. PROFESSOR DER KAISERL. MEDIZINISCHEN AKADEMIE,
PRÄSIDENT DES PSYCHO-NEUROLOGISCHEN INSTITUTES ZU ST. PETERSBURG.

ZWEITE AUFLAGE.

WIESBADEN.

VERLAG VON J. F. BERGMANN.

1908.

14 804 916

Nachdruck verboten.

Das Recht der Übersetzung in alle Sprachen bleibt vorbehalten.

GB

WELLCOME INSTITUTE LIBRARY

Coll.	WelMOmec
Coll. No.	NM

Vorwort zur zweiten deutschen Auflage.

Aufgabe vorliegender Untersuchung ist in erster Linie die Darstellung der nahen Beziehungen, die zwischen Leben und Psyche bestehen. Beide, Leben und Psyche, sind Ausdruck einer Reserveenergie, die der Organismus vermittelst äusserer Perzeptionsorgane erwirbt, welche die äusseren Energien der umgebenden Natur im wahren Sinne des Wortes umgestalten. Die Organismen mit ihren Lebenstätigkeiten und psychischen Vorrichtungen können von einem rein biologischen Standpunkt betrachtet werden als zusammengesetzte Systeme beweglicher organischer Verbindungen, deren Grundfunktionen — Reiz-barkeit und Stoffwechsel — auf einem Freiwerden von Energie beruhen, deren Vorräte beständig im Organismus und in den Ganglien seiner Zentralorgane wiederhergestellt und ergänzt werden durch Umwandlung von Energien der umgebenden Natur, die fortwährend auf die perzipierenden Oberflächen und speziellen Organe des Körpers einwirken.

Was das Psychische betrifft, so steht der Verfasser überall auf dem Standpunkt jener objektiven Richtung, die er bereits in einer ganzen Reihe von Untersuchungen der letzten Jahre vertritt. Dieser Standpunkt geht davon aus, dass die psychische Tätigkeit neben subjektiven der Selbstbeobachtung zugänglichen Erscheinungen überall auch von objektiven Veränderungen im Nervengewebe bezw. von komplizierten chemisch-molekularen Prozessen begleitet ist. Die psychischen Prozesse sind hinsichtlich ihrer Äusserungen der Untersuchung ebenso zugänglich, wie alle übrigen Organismusfunktionen. Die Vorgänge, um die es sich dabei handelt, haben einen Einfluss von Spuren früherer Einwirkungen auf die Aussenreaktionen des Organismus zur Voraussetzung, Wirkungen, die auf einer assoziativen und reproduktiven Tätigkeit des Nervensystems beruhen und als weitere Entwicklung gewöhnlicher Reflexe sich darstellen.

Das Studium der psychischen Erscheinungen nach dieser Richtung hin ist als Bestandteil der biologischen Wissenschaft bezw. der objektiven Erforschung der Organismen und ihrer Funktionen aufzufassen. Es ist bestimmt, diese Forschung und ihre Aufgaben wesentlich zu erweitern.

Fragen allgemeiner Art, die das Verhältnis zwischen biologischen und sog. psychischen Organismusfunktionen betreffen, finden auf diesen Blättern Behandlung.

Die psychobiologischen Grundfragen erwecken gegenwärtig immer mehr die Aufmerksamkeit der Gelehrten und Gebildeten. Denn Psyche und Leben in ihren Wechselbeziehungen berühren in radikaler Weise die wichtigsten Seiten unserer Weltanschauung. Ihrer kann sich die biologische Forschung und der denkende Geist nirgends entschlagen. In diesem Sinne glaubte Verf. Tatsachen, die die moderne Wissenschaft über die Beziehungen zwischen psychischen und materiellen Organismusprozessen und über den Zusammenhang der psychischen Tätigkeiten mit den Lebensäusserungen aufweist, einer Betrachtung unterwerfen zu sollen. Naturgemäfs kann es sich bei einem Gegenstand, wie der hier untersuchte, nur um Feststellung des Wesentlichen handeln; alles Detail bleibt zukünftiger Forschung überlassen.

Seit dem Erscheinen der ersten deutschen Ausgabe dieser Schrift, die im Jahre 1902 unter dem Titel: »Die Energie des lebenden Organismus und ihre psycho-biologische Bedeutung« veröffentlicht wurde, ist eine zweite russische Ausgabe und unlängst auch eine französische aufgetreten, letztere wesentlich ergänzt und nach dem Stande der Forschung umgearbeitet. Gegen die erste deutsche Ausgabe ist auch die vorliegende zweite beträchtlich ergänzt und neubearbeitet. Mehrere Mängel, Versehen und Unklarheiten der Ausdrucksweise konnten hier beseitigt, neue Tatsachen der Psychobiologie nachgetragen werden. In allem übrigen, namentlich was die Auffassung der nahen Beziehungen zwischen Psyche und Leben als Energiederivaten betrifft, ist der ursprüngliche Text aufrecht erhalten.

Oktober 1907.

W. v. Bechterew.

Inhalts-Übersicht.

Seite

I. **Das Wesen der Seelentätigkeit im Lichte philosophischer Betrachtung.**

Verschiedene Anschauungen über die Natur der Seelentätigkeit. Dualismus und Monismus. Spiritualistischer und materialistischer Monismus und Monismus im eigentlichen Sinne des Wortes. Die Lehre von Plato, Descartes, Leibnitz, Herbart, Kant, Fichte und Hegel, Hobbes, La-Metrie, Helvetius, Holbach, Büchner, Moleschott und Vogt, Spinoza; die Lehren der Deisten, Schelling, Schopenhauer und Hartmann. Kritik des Dualismus, des monistischen Spiritualismus, des Materialismus und des Monismus im eigentlichen Sinne des Wortes (Lehre Spinoza's). Erfolge des modernen Materialismus. Errungenschaften der neueren Psychiatrie. Anwendung von Experiment und Mathematik. Weber, Fechner, Wundt, Preyer als hervorragende Vertreter der experimentellen Richtung in der Psychologie. Bedeutung des Tierexperimentes und der Abtragung von Teilen der Grosshirn inde für die Entwickelung der modernen Psychologie. Bedeutung pathologischer Fälle von Zerstörung bestimmter Rindengebiete. Energetischer Monismus . . . . 1—12

II. **Die gegenseitigen Beziehungen zwischen Psychischem und Physischem und der psycho-physische Parallelismus.**

Die neuere Lehre von der Wechselwirkung und die moderne Lehre des Parallelismus. Ersatz des Begriffes der kausalen Korrelation nach Avenarius und Mach durch den Begriff der funktionellen Wechselbeziehung. Monistische Erklärung des Parallelismus zwischen physikalischen und psychischen Prozessen. Bedenken gegenüber dem monistischen Parallelismus. Die Lehre W. Wundt's . . . . . 13—19

III. **Der physikalische Energetismus und der Begriff der psychischen Energie.**

Hinfälligkeit des Dualismus in bezug auf Kraft und Materie in der Physik. Die Lehre Ostwald's. Anwendung des Energetismus von Ostwald auf die psycho-physische Energie durch Lasswitz. Siegwart, Sturmer und Stumpf über psychische Energie. Die Anschauungen des Philosophen N. Grot über psychische Energie . . . . . 20—33

Seite

IV. **Psyche und Materialismus.**

Die Unzulässigkeit der Annahme zweier Energien, einer psychischen und nervösen. Bewusstsein kann nicht Folge materieller Faktoren sein. Die Irrlehren Hauptmann's. Anschauungen von Du Bois-Reymond und Griesinger, Höfding, Lopatin, W. Wundt, Wentscher . . . 34—37

V. **Die Rolle der Energie in den psychischen Erscheinungen.**

Notwendige Annahme einer Energie, als einer besonderen Form der Weltenergie, zur Erklärung der Erscheinungen des Parallelismus. Alle geistigen Bilder sind innere Anzeichen jener quantitativen Veränderungen, welche in uns die Energie äusserer Agentien erleidet. Energie ist Ursache sowohl der psychischen, als auch der materiellen Prozesse in den Zentren. Energie als innere Ursache des Tätigkeitszustandes der Zentra. Der Urquell der Energie der Zentra ist zu suchen in äusseren Einwirknngen auf unsere Sinneswerkzeuge und in inneren Verhältnissen der Ernährung und der chemischen Umsetzungen . . . . . 38—44

VI. **Das Gesetz der Energieerhaltung in Anwendung auf das Psychische.**

Versuch die Seelentätigkeit unter das Gesetz von der Erhaltung der Energie unterzuordnen. Ansicht von Grot und Krainski. Kritik der Ansichten dieser Forscher. In dem Seelenleben haben wir es zu tun nicht mit psychischer Energie, sondern mit subjektiven Erscheinungen, und deren Ursache liegt in der Energie, welche zusammen mit den psychischen Erscheinungen die gleichzeitig auftretenden physikalischen Veränderungen des Gehirnes bedingt. Der Vorrat an Energie der Zentra entsteht einerseits durch Übergang physikalisch-chemischer Energien in Energie der Zentra während der Gehirnernährung, andererseits durch Umwandlung jener physikalisch-chemischen Energien, welche auf unsere Sinnesorgane zur Einwirkung kommen. Bei den höheren Tieren erscheinen als Träger der neuro-psychischen Energie das Nervensystem und zwar die höchsten Zentra desselben. Auch die unbewusst arbeitenden Teile des Nervensystems haben ursprünglich bewusste Tätigkeit entfaltet; bei niederen Tieren lassen jene Teile des Nervensystemes, welche bei höheren Tieren sicher keine Bewusstseinstätigkeit haben, eine und sei es auch nur elementare Bewusstseinstätigkeit hervortreten . . . . . 45—55

VII. **Die psychischen Funktionen der Protisten.**

Die eines Nervensystems entbehrenden Organismen bekunden offenbar auch Seelentätigkeit. Hierauf bezügliche Anschauungen von Fechner und Faminzyn. Die Ansichten von Bütschli, Wagner. Forel und Soury . . 56—59

VIII. **Bewegungswahl in der Tierwelt auf Grund früherer Erfahrung als psychisches Kennzeichen.**

Bedeutung der auf Erfahrung beruhendeu Bewegungswahl als Kennzeichen psychischer Tätigkeit. Beobachtungen von Metalnikov, Metschnikow. Salomonsen, Stahl.

Seite

Das Dasein elementarer psychischer Erscheinungen auf den allerniedersten Stufen des Tierlebens. Höhere psychische Tätigkeit ist nur bei den höheren Tieren in den höchsten Zentren des Nervensystemes möglich . . . . . 60—64

IX. **Reizbarkeit und zweckmäfsige motorische Reaktion im Pflanzenreiche.**
Untersuchungen von Taliev, Nemez, Haberland, W. Pfeffer u. a. . . . . 65—69

X. **Unterschiede zwischen lebenden Organismen und anorganischen Körpern.**
Auffassungen von Du Bois-Reymond, O. Hertwig, Danilewski. Die Eigenschaften des Protoplasma und der lebenden Substanz . . . . . 70—73

XI. **Die Lebensvorgänge vom Standpunkte der Mechanisten.**
Timirjäsew's Charakteristik der Organismen und Anorganismen. Traube's künstliche Zellen. Lebenserscheinungen und Stoffverbrauch. Zweckmäfsige Evolution. Danilewski's „Materie höherer Ordnung" und „biogener Äther". Verworn's Biogenhypothese . . . . . 74—81

XII. **Die Unhaltbarkeit der herrschenden Auffassungen des Lebens.**
Ansichten von Danilewski. Borodin. Faminzyn, Claude-Bernard, Korzinski . . . . . 82—88

XIII. **Das Biomolekül als Grundlage der lebenden Substanz.**
Die Erscheinung des Stoffwechsels. Fehlen einer Grenze zwischen Lebendem und Totem. Zusammengesetztheit der einfachen Körper. Substanz und Energie . . . . . 89—93

XIV. **Stoffwechsel und Reizbarkeit als Grundeigenschaften der lebenden Substanz.**
Reizbarkeit und Bewegungsvermögen. Der Organismus als gebundenes physikalisch-chemisches System. Der Energiezustand und die Kohäsion der Moleküle . . . . . 94—95

XV. **Die Beziehungen zwischen Psyche und Leben.**
Versuche einer Trennung dieser beiden Erscheinungsreihen (Danilewski). Zweckmäfsige Reizbarkeit. Reizbarkeit und neuro-psychische Tätigkeit. Leben und Psyche als Ausdruck einer komplizierten Nerventätigkeit. Das Ineinandergreifen von Leben und Psyche. Das Nervensystem als Träger der neuro-psychischen Tätigkeit und Abhängigkeit der Lebenserscheinungen von demselben . . . . . 96—105

XVI. **Evolution und Zuchtwahl.**
Milieu und Veränderlichkeit der Organismen. Bedeutung der Übung. Die Entwicklungsfaktoren nach Darwin. Neodarwinismus. Auffassungen von Dantec, Poirier, Nägeli, Pierret, Hochet-Souplet. Neuro-psychische Faktoren . . . . . 106—114

XVII. **Die Bedeutung des aktiven Verhaltens der Organismen zum Milieu.**
Innenkräfte als Anpassungsfaktoren. Einfluss von Milieu, Elektrizität, Klima, Temperatur, Licht. Anpassungsvermögen der Pflanzen und Tiere. Aktive und passiv-aktive Anpassungen. Zweckmäfsig aktives Verhalten der Lebewesen . . . . . 115—122

Seite

XVIII. **Die Frage der Vererbung erworbener Eigenschaften.**

Hypothese von Müller und Weissmann. Versuche über künstliche Epilepsie (Brown-Séquard). Die Vererbung elterlicher Eigenschaften . . . . . 123—129

XIX. **Die Bedeutung der elektrischen Energie in der Natur und im Organismus.**

Photoelektrische Erscheinungen. Die Schwankungen des elektrischen Gleichgewichts im Tierorganismus. Elektrizität der Hautdecken . . . . . 130—135

XX. **Das Wesen des Nervenstromes.**

Hypothesen über die Natur des Nervenstromes (Delboeuf, Arsonval). Die mechanische Theorie (Gaule). Auffassungen von Hering, Rosenbach, Schiff, Tanzi, Mirto. Die Steigerung des Stoffumsatzes bei geistiger Arbeit. Chemische Theorie. Die Unermüdbarkeit des Nerven. Elektrische Theorie (Du Bois-Reymond) . . . . . 136—142

XXI. **Die elektrischen Erscheinungen in den Nervenzentren und Nerven.**

Die Quellen der Körperelektrizität. Befunde Du Bois-Reymond's. Die elektrische Stromschwankung. Ruhestrom und Aktionsstrom . . . . . 143—146

XXII. **Das Verhalten der elektrischen Erscheinungen und des sog. Aktionsstromes zu dem tätigen Nerven.**

Ist der Aktionsstrom Ausdruck eines physiologisch-tätigen Zustandes im Nerven? Untersuchungen von Herzen, Cybulski und Sosnowski, Boruttau, Wwedenski. Die positive Nachschwankung. Beobachtungen von Dewar und Kendrick, Kühne und Steiner, Chatin . . . 147—153

XXIII. **Die elektrischen Erscheinungen am Zentralnervensystem.**

Sečenov's Versuche. Fehlen von Ruheströmen im unverletzten Hirngewebe (Verigo). Beobachtungen von Gotch und Horsley, Baeck, Mislavski. Die Aktionsströme der Rinde bei peripheren Reizungen . . . . . 154—164

XXIV. **Die physikalischen Grundlagen der nervösen Leitung.**

Die elektrische Theorie des Nervenstromes. Die Theorie der Energieentladungen. Theorien von Binet-Sanglé und Sollier . . . . . 165—174

XXV. **Die chemische Grundlage der Zellerregung.**

Auffassung von Bourdot. Verhalten von Kern und Protoplasma. Die tigroide Substanz. Versuche von Daskiewicz, Hodge, Vas, Lambert, Lugaro, Pergens, Mann, Pugnat, Valenza, Magini, Pick, Luxenburg, Rahmanov . . . . . 175—182

XXVI. **Die Theorie der Nervenentladungen.**

Der Nervenstrom kein ununterbrochener Vorgang. Kontakt der Neurone. Ursprung der Strombewegung. Die Beziehungen der Nervenelemente unter einander. Chemisch-molekulare Zellvorgänge als Grundlage der Nervenerregung 183—187

Seite

XXVII. **Die Quellen der Reserveenergie der Nervenzentra.**

Energieverbrauch im Tätigkeitszustand. Umsetzung von Aussenenergie in den peripheren Nervenapparaten. Energievorräte der Nervenzentra . . . . . 188—190

XXVIII. **Psyche und Leben als Äusserungen der Reserveenergie des Organismus.**

Elektrochemische Reaktionen bei Freiwerden von Reserveenergie. Der zweckmäfsig-aktive Charakter des Neuro-Psychischen. Parallelismus zwischen Innenerscheinungen und materiellen Prozessen im Gehirn. Das Wesen der subjektiven Zustände. Die qualitative Verschiedenheit der Innenerscheinungen. Enger Zusammenhang zwischen Psyche und Leben . . . . . 191—194

XXIX. **Reizbarkeit und Amöboismus der Nervenzelle.**

Beweise für die Reizbarkeit der Nervenzelle. Beweglichkeit der Nervenelemente. Beobachtungen über Amöboismus der Nervenzelle (Wiedersheim, Rabl-Burckhardt, Ramon y Cajal u. a.). Formveränderungen der Zelle unter pathologischen Verhältnissen. Die Bewegungen der Dendriten . 195—200

XXX. **Die Bedeutung der Impulse für den Stoffwechsel und die Ernährung der Nervenzelle.**

Zusammenhang zwischen Stoffwechsel bezw. Ernährung der Nervenzelle und ihrer Funktion. Ungleiches Verhalten der Nervenzelle gegenüber spezifischen Reizen . . . . . 201—202

XXXI. **Allgemeine Übersicht und Schluss** . . . . . 203—209

I.

Das Wesen der Seelentätigkeit im Lichte philosophischer Betrachtung.

Die innere Welt des Menschen, der Inbegriff dessen also, was die Philosophie als Seele oder Geist, die Psychologie als Bewusstsein bezeichnet, hat den forschenden Gedanken zu allen Zeiten mächtig angezogen. Es konnte nicht ausbleiben, dass von den Zeiten des grauen Altertumes bis in unsere Tage hinein immer wieder neue Anschauungen über die Natur der Seele und über die Beziehungen zwischen Körper und Geist hervortraten.

Alle diese Anschauungen, die ihrem inneren Gehalte nach sich fast ausschliesslich auf dem Boden der Spekulation bewegen, lassen sich in zwei Hauptkategorien zusammenfassen, von welchen die eine der Lehre des Dualismus, die andere der Lehre des Monismus entspricht.

Die dualistische Anschauungsweise geht aus von der Annahme einer realen Existenz zweier unteilbarer, einander bei- und untergeordneter Wesenheiten (Substanzen): Geist und Materie. Die monistische Lehre setzt das Dasein nur einer einzigen Wesenheit voraus, sei es dass dieselbe als Geist oder als Materie oder endlich als beides, Geist und Materie zugleich, in die Erscheinung tritt. In letzterem Falle erscheinen Geist und Stoff verschmolzen, miteinander untrennbar verbunden, zu einer unteilbaren Wesenheit vereinigt.

Entsprechend diesen Unterschieden, die in der Betrachtungsweise des Wesens von Seele und Körper (Materie) zu Tage treten, zerfällt die Lehre des Monismus in drei verschiedene Weltanschauungen, von welchen die eine sich darstellt als monistischer Spiritualismus oder Spiritualismus im engeren Sinne, die zweite als Materialismus, die dritte als Monismus im eigentlichen Sinne dieses Wortes.

Die dualistische Weltanschauung bezw. der dualistische Spiritualismus betrachtet Geist und Materie als zwei Wesen, die ihrer Natur nach einander entgegengesetzt sind. Der Körper besitzt räumliche Dimensionen, ist aber insensibel. Der Geist hingegen entbehrt der Dimension und erscheint als Inbegriff eines sensiblen Prinzipes. Der Körper gehorcht mechanischen, der Geist ist psychologischen Gesetzen

unterworfen. Ohne etwas Gemeinschaftliches miteinander zu haben, sind beide Wesen nur äusserlich verbunden. Der Körper ordnet sich unter die Seele, die vermöge eines ihr innewohnenden Willens als höheres selbständiges und sich selbst bestimmendes Etwas über den Körper vorherrscht.

Als Begründer dieser Lehre erscheint Plato. Er ist zugleich der Erste, der sich von dem Dogma des antiken Materialismus lossagte und zum ersten Male die Seele als substanzloses, den Körper beherrschendes Prinzip auffasste.

Von späteren hervorragenden Vertretern der gleichen Richtung ist vor allem an Descartes zu erinnern, der diese Lehre im 17. Jahrhundert zu der Würde eines fest begründeten philosophischen Systems erhob.

Weiteren Ausbau erlangte sie durch die Bemühungen der Cartesianer und späterhin auch der Wolffschen Schule, die sich um die Popularisierung der Lehre besondere Verdienste erworben hat.

Der Spiritualismus, eine Varietät des Monismus, erkennt, wie wir sahen, nur ein einziges Wesen an: Seele oder Geist. Materie und Körper sind ihm Erscheinungen, die nur als besondere Zustände unseres Bewusstseins oder Geistes zur Wahrnehmung gelangen. Alle Materie erscheint somit vom Standpunkte dieser Lehre nur als Geschöpf des Geistes, als Frucht innerer Wahrnehmung, in unseren eigenen Augen gewissermafsen als Illusion

Seine Hauptstütze sucht der Spiritualismus in der Unmittelbarkeit unserer Apperzeption, d. h. der unmittelbaren Erkenntnis jener Erscheinungen, die wir in uns selbst finden und die nach Ansicht der Spiritualisten allein als etwas Gewisses betrachtet werden können. Einige Vertreter dieser Lehre, wie Leibnitz, Herbart und die Nachfolger Kants, Fichte und Hegel, haben den Versuch gemacht, den Begriff des Wesens bezw. der Substanz weiter zu entwickeln und auf diesem Wege einerseits das reale Dasein einer geistigen Welt ausser uns, andererseits eine volle Selbständigkeit der inneren Welt des Individuums nachzuweisen. Nach dieser Auffassung besteht die Welt aus einer bestimmten Anzahl einfacher unteilbarer Wesen, die als Monaden bezeichnet wurden. Unter den vielen Monaden oder einfachen Wesenheiten, deren Gesamtheit die Aussenwelt bildet, tritt die Seele als Einzelmonade auf.

Leibnitz, der hervorragendste Vertreter dieser Form des Spiritualismus, stellte den Satz auf, die Seele als Monade stehe unvergleichlich höher da als die übrigen ihr untergeordneten physischen Monaden.

Was die Beziehungen der Seele zum Körper betrifft, so finden wir diese Frage unter den Spiritualisten am eingehendsten bei Herbart behandelt. Er geht gleich Leibnitz von dem Satze aus, die Seele

stehe an erster Stelle unter den übrigen einfachen Wesen. Alle Erscheinungen der Aussenwelt erklärt er durch Wechselwirkung einfacher Wesen, von denen jedes zur Selbsterhaltung strebt, gleichzeitig aber befähigt ist auf die übrigen Wesen Einfluss zu üben. Auch die Seele besitzt somit nach Herbart den Trieb der Selbsterhaltung, doch steht sie unter dem Einflusse anderer Monaden, und als Folge dieser Wechselwirkung entstehen Vorstellungen. Aus den Beziehungen zwischen den Vorstellungen leitet Herbart alle Erscheinungen unserer Innenwelt ab.

Da die Seele im Lichte dieser Lehre als unteilbares Wesen auftritt, so wird man leicht ermessen, wie der Spiritualismus dazu gekommen ist, den Sitz der Seele in einen bestimmten Punkt des Gehirns zu verlegen, der alle jene Hirnfasern in sich versammelt, auf deren Bahn ihm Erregungen von der Körperoberfläche zufliessen. Als eine solche Stätte wurde merkwürdigerweise bald die Zirbel, bald die Hypophyse genannt.

Als jedoch diese Auffassung sich später mit den anatomischen und physiologischen Tatsachen in vollem Widerspruche erwies, wurde alsbald die nicht minder merkwürdige Behauptung aufgestellt, die Seele verändere ihren Sitz je nach Bedarf und beteilige sich so an den verschiedenen an dieser oder jener Stelle des Gehirns sich vollziehenden Vorgängen.

Kant erklärte gewisse Begriffe als etwas uns Gegebenes, als integrierenden Bestandteil unseres Verstandes, als transcendental. Aus der Verbindung dieser Begriffe leitete er andere abstrakte Begriffe ab.

Wenn Kant selbst nicht eigentlich als Vertreter des Spiritualismus im strengen Sinn des Wortes gelten kann, treten einige seiner Schüler als reine Spiritualisten auf; so Fichte mit seiner Ableitung des „Nicht-Ich“ oder des Denkobjektes aus der Natur des „Ich“ oder des Subjektes, und Hegel mit seiner Identifizierung von Denken und Sein. Unter dem Einflusse dieser Philosophen erreichte die Lehre des Spiritualismus ihren Gipfelpunkt und trat damit in ein Stadium, wo das Denken nicht nur völlig auf Beobachtung und Erfahrung verzichtete, sondern alle aus Beobachtung und Erfahrung geschöpften Tatsachen als ein das Denken störender und darum der richtigen Erkenntnis der Dinge hinderlicher Ballast über Bord geworfen wurde.

„Es sind das Philosophen“, bemerkt Ziehen[1]), „die noch heute vom Absoluten phantasieren und durch logische Spielereien aus ihrem Absoluten die Welt und noch einiges andere herleiten. Sie sind die würdigen Nachfolger Hegels, der aus seinen Spekulationen herleitete, dass die Sterne keine Himmelskörper, sondern abstrakte Lichtpunkte,

[1]) Th. Ziehen, Über die allgemeinen Beziehungen zwischen Gehirn und Seelenleben. Leipzig 1902, S. 32.

ein „Lichtausschlag“, seien, dass die Bandwürmer „eine Schwäche des Organismus sind, in welcher sich ein Teil zu eigener Lebendigkeit absondert“, dass die Blutkörperchen nur von den Physiologen erdichtet seien, dass die Sensibilität „das rein nur in sich selbst Erzittern der Lebendigkeit sei“, dass die Reproduktion „die Negativität als einfaches Moment der Sensibilität“ sei u. s. w. Auch dieser Richtung gegenüber ist eine wissenschaftliche Diskussion ganz überflüssig; sie muss mit der Verbreitung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse aussterben. Mit Unrecht bringt man sie noch immer ab und zu in der Geschichte der Philosophie in Beziehung zu Kant. Sie haben mit dem letzteren nicht das geringste zu tun. Der alte Kupferstich stellt das wunderhübsch dar: Kant ist gestorben und fährt eben in einem Ballon zum Himmel auf, Hegel und Konsorten schauen dem aufschwebenden Ballon nach und strecken ihre Hände flehend aus. Kant aber wirft ihnen nichts als seine Perücke, Stock u. s. w. zu Mehr haben sie in der Tat von den Lehren Kants nicht aufgenommen.

Der Idealismus ist ein besonderer Zweig des Spiritualismus. Wie der reine Spiritualismus, geht auch jener von der Tatsache aus, dass uns nur innere Vorgänge, d. h. Empfindungen und als weiteres Derivat derselben Vorstellungen gegeben sind. Darüber hinaus können wir in der Vorstellung der Aussenwelt dieser Lehre zufolge nicht gehen. Wenn Kant ein „Ding an sich“ annahm, das den Phänomenen zu Grunde liegen sollte. so verstiess er in dieser Hinsicht gegen die Logik, indem er als Ursache der Erscheinungen etwas ansah, was ausserhalb derselben liegt, denn man kann aus dem rein Psychischen nicht das gänzlich von ihm verschiedene Materielle herleiten. Diese Lehre fordert also, dass wir ganz und ausschliesslich im Kreise des Psychischen allein „bleiben“ sollen, weshalb man diese Philosophie auch als immanente bezeichnet hat. Sie leugnet auch den Sitz unserer Empfindungen im Gehirn, ein Satz, der in der Philosophie als Hypothese der Intrajektion bekannt ist. Unsere Empfindungen und Vorstellungen hängen danach nur hinsichtlich ihrer Eigenschaften von bestimmten Gehirnteilen ab, haben aber dort keineswegs ihren räumlichen Sitz. Die Empfindung braucht nicht in der Gehirnrinde zu entstehen und von dort wiederum in den Raum. d. h. ausser uns verlegt zu werden. Man braucht nur anzunehmen, dass die Empfindung stets ausser uns dort liegt, wo wir die gesehenen, gehörten, getasteten Dinge finden. Wir leben also in einem Kreise von Empfindungen, die zwar vom Gehirn abhängen, jedoch ausser uns liegen. Als real anzuerkennen sind also die gleichen Empfindungen, die die neuere Philosophie analytisch prüft. Ihre Abhängigkeit von dem Gehirn ist zu bezeichnen als eine Rückwirkung der Gehirnrinde auf die Empfindungssphäre. „Diese Rückwirkung folgt bestimmten Gesetzen, die ebenso allgemeingültig sind, wie die Naturgesetze.“ „Von den Naturgesetzen

unterscheiden sie sich dadurch, dass sie nicht mit einer angebbaren Geschwindigkeit in Raum und Zeit verlaufen" (Ziehen).

„Die idealistische Theorie", schreibt Ziehen, „akzeptiert den Gegensatz zwischen Materiellem und Psychischem nicht ohne weiteres, sondern erhebt die kritische Vorfrage: ob uns denn wirklich beide Reihen, die materielle und psychische, nebeneinander und gleich ursprünglich, gegeben sind. Darauf antwortet sie mit Nein und jedenfalls mit Recht". „Die populäre Anschauung, die im Grunde genommen unter dem Baum, dem Feuer u. s. w. immer das versteht, was sie sieht und fühlt, also ihre Empfindungen, behält in viel höherem Mafs Recht, als die Metaphysik je zugestehen wollte."

Begründer und vornehmster Vertreter dieser Lehre ist der englische Philosoph Berkeley; in neuerer Zeit wird sie durch Schuppe und Ziehen vertreten.

Neben dem Spiritualismus entwickelte sich, ihm völlig entgegengesetzt, die Lehre des Materialismus, der zufolge es einen Geist nicht gibt und nur Stoff in der Welt vorhanden ist.

Der Materialismus gehört zu den älteren philosophischen Lehren. Die antike Philosophie (Anaximenes, Anaxagoras, Diogenes von Apollonia, Heraklit) verstand unter Seele eine Art feinster Substanz, die in der Brust vorhanden ist und nach der Geburt mit der Atemluft in die Lungen gelangt. Die erwärmte Atemluft, das sog. Pneuma, ist dieser Lehre nicht nur Grundlage des Lebens, sondern auch Grundlage der Seele. Den Sitz der Seele verlegt die Antike in die Lungen, in das Herz (Aristoteles), in die Gehirnhöhlen (Heraklit, später Galen), an die Gehirnoberfläche (Erasistrates). Jedoch ist nicht zu vergessen, dass zwischen dem Materialismus der Alten und den späteren materialistischen Systemen wesentliche Unterschiede bestehen. Während die Alten unter „Geist" einen besonderen feinen Stoff verstanden, den sie von dem groben Stoff oder der Materie nur quantitativ unterschieden und der nach ihren Begriffen mit jenem nur äusserlich zusammenhängen sollte, betont der spätere Materialismus vor allem das Vorhandensein einer derartigen inneren Verbindung zwischen körperlicher und geistiger Sphäre des Organismus, wobei diese ihren Ursprung ganz und gar jener verdanken soll.

Die Vertreter dieser Lehre betrachten die Seele als eine besondere Erscheinungsform organisierter Materie oder als unmittelbares Erzeugnis der Gehirntätigkeit. Die Seele erscheint im Lichte dieser Lehre wesentlich als Resultat gewisser Molekularbewegungen der Elemente des Stoffes, etwa wie der Schall durch Schwingungen einer Saite zu Stande kommt.

Im 17. Jahrhundert trat Hobbes als einer der angesehensten Vorkämpfer des Materialismus auf. Als real erkannte er in der Welt nur die Existenz künstlicher und natürlicher Körper an. Im 18. Jahr-

hundert finden wir den Materialismus vertreten durch De la Mettrie[1]. Helvetius und Holbach. Im 19. Jahrhundert endlich erwuchsen dem Materialismus mit dem Aufschwung der modernen Physiologie wiederum, besonders in Deutschland aber auch in anderen Ländern, neue Vorkämpfer, von denen hier Büchner, Moleschott und Vogt genannt seien.

Vom Standpunkte einiger Materialisten fügt das Psychische, als Derivat des Physischen, diesem letzteren nichts hinzu, da die ganze Gesetzmäfsigkeit der Erscheinungen nur durch physische Gesetze bedingt ist, während die psychischen Erscheinungen die physischen bloss begleiten, ohne ihnen etwas neues hinzuzufügen und ohne eine Veränderung hervorzurufen. Das Psychische ist zufolge dieser Anschauung nichts weiter, als ein Epiphänomen des Physischen.

Descartes hatte, wie Soury bemerkt, im ganzen Recht, wenn er sagte, dass alle lebenden Wesen nur Automaten vorstellen. Sein Irrtum war der, dass er den Menschen aus der ungeheuren Masse seiner niederen Mitwesen hervorzog. Unbewusste und bewusste psychische Vorgänge erscheinen überall als automatische Vorgänge. Kommt Bewusstsein zu diesen Vorgängen, so fügt es nicht mehr hinzu, als den Schatten zum Körper.

Der eigentliche Monismus endlich anerkennt, wie wir sahen, die reale Existenz sowohl eines Geistes, wie einer Materie. Jedoch erscheinen beide hier keineswegs einander entgegengesetzt, wie im Dualismus, vielmehr miteinander verschmolzen. Mit der Erkenntnis einer Einheit von Stoff und Geist stellt sich die gesamte Natur als belebt dar. Die Lehre wird daher gelegentlich auch als Pantheismus bezeichnet.

Ihren getreuesten Ausdruck fand diese Lehre im 17. Jahrhundert in den Schöpfungen Spinozas, die eine Einheitlichkeit der Wesenheiten oder Substanzen verfechten. Im 18. Jahrhundert trat die gleiche Anschauung in den Lehren englischer und französischer Deisten und Naturvergötterer zu Tage und im 19. Jahrhundert wurde sie in den Darstellungen einiger Philosophen Kantscher Schule, wie Schelling („Subjekt-Objekt"), Schopenhauer und Hartmann neu erweckt.

Haeckel als Autor der sog. „Zellseelen" ist unter den Naturforschern einer der hervorragendsten Vertreter des Monismus im engeren Sinn. Nach Haeckel gibt es nur Atome, die Ausdehnung und Gedächtnis haben, also ein physisches und psychisches Element zugleich in sich beherbergen.

Die Frage nach dem Ursprung und Wesen der psychischen Erscheinungen, bemerkt J. Soury[2]), führt im Grunde zu dem Problem

[1]) De la Mettrie, Histoire de l'âme. 1745. Vgl. auch desselben: L'homme machine.

[2]) J. Soury, Le système nerveux central etc. Paris 1899, S. 1763.

von Ursprung und Wesen des Lebens. Soury sieht ein grosses Verdienst der monistischen Philosophie darin, dass sie die hergebrachte Gegenüberstellung von Körper und Seele, Stoff und Geist unterdrückte und beides als Erscheinungsform einer und derselben Tatsache, als subjektive und objektive Äusserung eines und desselben Vorganges, als Formen eines und desselben Stoffes hinstellt, die uns nur deshalb ungleich erscheinen, weil wir sie verschieden erkennen.

„Um den Ursprung des Lebens und seiner psychischen Besonderheiten zu erklären, muss man auf letztere die Elemente der Materie übertragen, und zwar ist diese zu betrachten als Stoff, als einiges und allgemeines Sein. Aus den gleichen Elementen bestehen die höchsten Eigenschaften, die an den Lebewesen hervortreten. Wenn ein Aggregat Sensibilität besitzt, so befand sich die Sensibilität potentiell in den Teilen, die das Aggregat zusammensetzen. Man kann also annehmen, dass die gesamte Materie wenigstens in potentiellem Zustand sensibel ist, und dass diese latente Sensibilität unter Umständen in aktuelle übergeht." „Dieses dunkle Streben zu empfinden und nach einer bestimmten unbewussten Wahl sich zu bewegen, äussert sich an den Atomen, Molekülen und insbesondere an den Plastiden des Protoplasma."

„Ausser mechanischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften haben also die letzten Teile der Materie auch biologische Eigenschaften, d. h. das Vermögen der Sensibilitä, Perceptibilität und Motilität."

Alle diese Anschauungen, die noch bis auf den heutigen Tag in der Schule der reinen Philosophen ihre Vertreter finden, werden von dem Lichte strenger Kritik immer mehr in das Gebiet der Geschichte verwiesen. Ihre Begründung stösst auf unüberwindliche Schwierigkeiten.

So findet die als Dualismus oder dualistischer Spiritualismus bekannte Lehre ihre Hauptschwierigkeit in der Erklärung der Wechselwirkung zwischen Seele und Körper. Es ist klar, dass eine Wechselwirkung zwischen Geist und Materie nicht gedacht werden kann, wenn man beide als ihrer Natur nach entgegengesetzt sich vorstellt. Hier halfen sich die Spiritualisten dualistischer Richtung mit den eigentümlichsten Hypothesen. Die Jünger Descartes mussten zu dem paradoxen Schluss gelangen, jeder Akt von Wechselwirkung zwischen Geist und Körper vollziehe sich unter Beteiligung übernatürlicher Kräfte oder göttlicher Eingriffe (Occasionalismus). Und späterhin nahm der Dualismus seine Zuflucht zu Leibnitz's nicht minder merkwürdiger Hypothese der prästabilierten Harmonie, die gewissermafsen ein Nebenhergehen physischer und psychischer, ihrem Wesen nach incommensurabler Vorgänge vorausbestimmte.

Was den monistischen Spiritualismus bezw. den Idealismus betrifft, so sind, abgesehen von den zahlreichen Schwierigkeiten, welche die —

wie wir sahen unvermeidliche — Voraussetznng einer Beweglichkeit der Psyche mit sich bringt, gewichtige Bedenken in Bezug auf die Auffassung der Seele als einer einfachen Substanz geäussert worden.

Jene spiritualistische Lehre hinwiederum, die in der Natur nur ein Prinzip des Geistes anerkennt, und das Dasein eines Stoffes leugnet, und der zufolge alle unsere Vorstellungen von einer materiellen Welt reine Illusionen, einfache Sinnestäuschungen sind, befindet sich in einem derartigen Widerspruch mit den Ergebnissen von Beobachtung und Experiment, dass sie bei der ungeheuren Mehrzahl derjenigen, die nicht ganz zu philosophischer Spekulation hinneigen, immer den Eindruck des Irrtümlichen hervorgerufen hat.

Aus dem Umstande, dass die Aussenwelt mittelbar von uns wahrgenommen wird, kann ja natürlich nicht die Idee einer Verneinung der Aussenwelt abgeleitet werden; er berechtigt nur zu der Annahme, dass die Erscheinungen der Aussenwelt von uns nicht so wahrgenommen werden, wie sie in Wirklichkeit sich verhalten.

Was den immanenten Idealismus betrifft, so lässt er in der Meinung, dass die Empfindungen ausser uns liegen und vom Gehirn nur abhängen, die Frage unbeantwortet, wie und wodurch diese Abhängigkeit der Empfindungen von dem Gehirn zustande kommen soll. Diese Abhängigkeit können wir uns ja nicht anders vorstellen, als dass äussere Objekte irgendwie, direkt oder indirekt auf das Gehirn einwirken, und wenn es sich um eine Wirkung äusserer Objekte auf das Gehirn handelt, so entspricht diese Wirkung einer bestimmten Form der Introjektion. Wenn endlich die Empfindungen ausser uns liegen, wo verlaufen dann die übrigen Gedankenprodukte? Wir können uns doch unmöglich vorstellen, dass unsere ganze komplizierte Gedankentätigkeit, die Philosophie inbegriffen, nicht in unserem Innern, sondern ausser uns verläuft und dass sie von unserem Gehirn nur abhängt. Indem sie die Introjektionshypothese ablehnt, vergisst diese Lehre ganz und gar, dass die Vorgänge der Perzeption, wie wir jetzt wissen, eine bestimmte Zeit erfordern, in der die Eindrücke dem Gehirn zufliessen und bewusste Empfindungen dort zur Entwicklung gelangen; sie nimmt im Gegenteil an, die Abhängigkeit der Empfindungen vom Gehirn oder das Gesetz der Zurückwirkung unterscheide sich von den Naturgesetzen dadurch, dass sie nicht mit wahrnehmbarer Schnelligkeit im Raume und in der Zeit abläuft (Ziehen). Die Lehre kann endlich, da sie es nur mit Empfindungen zu tun hat, eigentlich weder von Stoff noch von Energie reden, denn auch diese ist nicht in unseren Empfindungen, sondern ausserhalb derselben gegeben, und insofern ist die Lehre gleichbedeutend mit Ablehnung der ganzen Aussenwelt.

Der moderne Materialismus stützt sich bekanntlich in erster Linie auf die Tatsache, dass die psychischen Erscheinungen überall mit körper-

lichen Vorgängen in Verbindung stehen. Jedoch wird mit Recht hervorgehoben, dass psychische Erscheinungen in Wirklichkeit keineswegs als Folge körperlicher Vorgänge auftreten, mit anderen Worten, dass zwischen materiellen und geistigen Erscheinungen nirgends kausale Beziehungen zu erkennen sind von der Art, wie sie zwischen zwei Naturerscheinungen bestehen können, von welchen die eine als Ursache, die andere als Folge sich darstellt.

Betritt man den üblichen Standpunkt der Materialisten, wonach alle psychischen Erscheinungen lediglich als Vorgänge molekularer Bewegungen zu betrachten sind, dann kommt man hierdurch dem Wesen der Frage um keinen Schritt näher, denn von physischen Molekularbewegungen, und seien sie noch so kompliziert, können wir die Erscheinungen des Bewusstseins nicht ableiten, ohne uns die leblose Materie mit irgend einem elementaren psychischen Element ausgestattet vorzustellen; eine Vergeistigung der Materie, die ihr seelische Eigenschaften zuerkennt, hört aber auf reiner Materialismus zu sein [1]).

Andererseits stösst jener Zweig des Materialismus, der das Psychische aus dem Materiellen herleitend, ersteres als Epiphänomen des letzteren betrachtet, auf die unüberwindliche Schwierigkeit, dass er zu der Annahme ganz überflüssiger Dinge im Psychischen gelangt. Und doch geht eben dieser Materialismus von dem Grundsatz aus, dass der tierische Organismus ursprünglich nirgends ganz überflüssige und unnütze Dinge enthält. Überflüssige Organe können höchstens im Keime vorhanden sein und dabei als Erinnerung an frühere Daseinsperioden, wo diese Organe notwendig und nützlich waren. Nimmt man also das Psychische als Epiphänomen des Physischen, dann gelangt man hinsichtlich des Psychischen zu Widersprüchen mit allem, was wir von der Hervorbildung der Organismen und von dem Evolutionsgesetz wissen.

Aus vorstehender Darlegung geht ohne weiteres hervor, dass die Bemühungen der hervorragendsten Denker aller Zeiten die Frage nach den Beziehungen zwischen geistigem und physischem Prinzipe ihrer Lösung nicht näher gebracht haben. Wie vor Tausend Jahren, so stehen wir noch heute mit der Frage: was ist Geist und Stoff? welche Beziehungen bestehen zwischen beiden? vor ungelösten Welträtseln. Der Irrtum aller im obigen aufgeführten Lehren besteht vor allem in dem Bestreben, auf spekulativem Wege das Wesen der Dinge zu ergründen, während echtes Wissen zunächst nicht auf Erforschung des Wesens der

[1]) Mit Bezug auf diese mehr als sonderbaren Übertreibungen des Materialismus ruft Griesinger in edlem Unwillen aus: „Was soll man nun zu dem platten und seichten Materialismus sagen, wenn er die allgemeinsten und wertvollsten Tatsachen des menschlichen Bewusstseins über Bord werfen möchte, weil sie sich nicht im Gehirne mit Händen greifen lassen“ (Griesinger, Die Pathologie und Therapie der psych. Krankheiten. Stuttgart 1867, S. 6 u. 7).

Dinge selbst, sondern in erster Linie auf Verfolgung der wechselseitigen Beziehungen zwischen den Erscheinungen hinzielt. Es ist nicht ganz leicht, auf die Frage nach der Natur des geistigen Prinzips zu verzichten, da gewisse Fragen religiöser, politischer und rechtswissenschaftlicher Art auf das engste damit zusammenhängen. So erklärt es sich, dass die Frage nach dem Wesen des Psychischen bis in unsere Tage hinein nicht aufhört, die Geister zu beschäftigen und nicht nur Philosophen und Psychologen von Fach, sondern auch weiten Kreisen Gebildeter Interesse einflösst.

Noch ganz unlängst haben wir eine Zeit erlebt, in welcher der Materialismus, erstarkt durch den Aufschwung der Naturforschung und modernen Physiologie, im Begriffe schien, alle anderen Lehren endgültig zu überflügeln. In jenen Tagen materialistischer Begeisterung ist viel über den Zusammenhang seelischer und körperlicher Erscheinungen gestritten worden und sind Versuche gemacht worden, den Beweis zu führen, dass in ähnlicher Weise, wie die Leber Galle hervorbringt, so aus dem mit Blut versorgten und phosphorhaltiges Eiweiss in sich bergenden Gehirn der Gedanke entspringe. So erwachte von neuem jene Frage nach dem Wesen des Seelischen und nach seinem Zusammenhange mit dem Körper, die seit jeher Gegenstand spekulativ-philosophischer Untersuchungen war. Es sind aber in dieser Frage die Anstrengungen unserer Denker ebenso fruchtlos geblieben, wie alle früheren dahingehenden Versuche.

Nicht zu verkennen ist übrigens ein wichtiges Verdienst des modernen Materialismus. Trotzdem nämlich der neuere Materialismus mit Bezug auf die Eruirung des Wesens der Frage nach Natur und Herkunft des Psychischen sich auf äusserst grobe und teilweise sogar auf naive Anschauungen beschränkt sah, hat er den Ausbau der modernen Naturwissenschaft mächtig gefördert und unter anderem Fragen in den Vordergrund gezogen, die mit den Verrichtungen des Gehirns und mit den materiellen Zuständen, die die psychischen Tätigkeiten begleiten, im Zusammenhang stehen. Sich stützend auf Tatsachen der Anatomie und Physiologie lenkte der moderne Materialismus die Aufmerksamkeit der Forscher auch auf das Studium der Beziehungen zwischen psychischer Tätigkeit und den im Gehirne selbst vor sich gehenden physikalisch-chemischen Veränderungen. So eröffnete sich ein weites Feld streng wissenschaftlicher und hoch bedeutungsvoller Untersuchungen, auf deren Grundlage nicht nur die Idee von einem innigen Zusammenhange zwischen psychischen und körperlichen (materiellen) Vorgängen in unserem Organismus festen Boden gewann, sondern auch mit grosser Genauigkeit jene Bedingungen und physikalischen und stofflichen Mittel erforscht wurden, durch die entsprechende Veränderungen der psychischen Sphäre herbeigeführt werden können.

Die hohe Bedeutung der hierher gehörigen Forschungen ist unverkennbar, und zwar ebensosehr in bezug auf die allgemeine Auffassung unserer seelischen Vorgänge, wie hinsichtlich vieler Fragen der Erziehung und der Behandlung seelischer Erkrankungen. Unter dem Einflusse jener Untersuchungen entledigte sich die Pädagogik der alten scholastischen Grundsätze psychischer Erziehung; sie erkannte die Notwendigkeit einer regelrechten körperlichen Entwickelung und betrat, gestützt auf Tatsachen der Physiologie, völlig neue, aussichtsreiche Bahnen.

Auf einem anderen Gebiete menschlichen Wissens, dem der Psychiatrie, trat kein geringerer, wenn nicht ein noch viel mächtigerer Umschwung ein. Die moderne Psychiatrie verband sich in innigster Weise mit den übrigen Gebieten der Heilkunde und begann gleich den anderen Disziplinen der klinischen Pathologie auf Tatsachen der Anatomie, der Physiologie und physiologischen Psychologie sich zu stützen.

Als Wissenschaft von den krankhaften Störungen der Seelentätigkeit hat ihrerseits die Psychiatrie sich besondere Verdienste um die Entwickelung der Psychologie erworben. Die neueren Errungenschaften der Psychiatrie, die zum grossen Teile dem klinischen Studium am Krankenbette ihre Entstehung verdanken und die Grundlage der modernen pathologischen Psychologie bilden, haben zahlreiche psychologische Probleme ihrer Lösung näher gebracht. Ihre Bedeutung für die Zukunft ist gross.

Als sich bei dem Aufschwunge moderner Psychologie Experiment und Mathematik als bedeutsame Mittel der Eruirung psychologischer Gesetze herausstellten, gelangten Psychophysik und Experimentalpsychologie als neue Zweige psychologischer Forschung zur Entfaltung. Die Methoden der Beobachtung im Gebiete der Psyche gewannen nun die Exaktheit des physikalischen Experimentes. Eine grosse Anzahl bedeutender Forscher hat sich auf diesen Gebieten betätigt; Weber, Fechner, Wundt, Helmholtz, Preyer, Binet sind als die hervorragendsten zu nennen, die sich unsterbliche Verdienste um die moderne Psychologie erwarben und durch ihre Leistungen die progressive Entwickelung derselben für lange Zeit gesichert haben.

Aber auch dem Tierexperimente über die Wirkung der Ausschaltung von Teilen der Gehirnrinde verdankt die moderne Psychologie nicht zuletzt ihren gegenwärtigen Aufschwung. Die Sphäre der Psyche tritt zwar beim Tiere verhältnismäfsig zurück. Indes sind die elementaren psychischen Erscheinungen und Vorgänge, soweit sie die Entwickelung von Empfindungen und Vorstellungen und das Zutagetreten der Gefühle und Instinkte betreffen, bei den höheren Tieren die nämlichen, wie beim Menschen, weshalb die Ergebnisse der vorher angedeuteten Tierversuche innerhalb gewisser Grenzen auch auf die Verhältnisse des Menschen anwendbar erscheinen.

Noch viel wertvoller gestalten sich für die Psychologie Beobachtungen über Individuen mit pathologischen Zerstörungen von Teilen der Gehirnrinde, insbesondere dann, wenn diesen Beobachtungen Autopsien zur Seite stehen. Solche Beobachtungen dienen nicht nur zur Prüfung des Tierexperimentes, sondern fördern oft ganz neue Ergebnisse zu Tage, was vor allem hinsichtlich der Sprachstörungen und der höheren psychischen Verrichtungen gilt.

Auf den bisher angeführten Wegen ist man zu dem Satze gelangt, dass jede psychische Tätigkeit stets zwei Reihen von Erscheinungen zur Voraussetzung hat nämlich 1) subjektive und 2) objektive oder materielle Erscheinungen, die in bestimmten Teilen des Gehirns vor sich gehen. Diese beiden Reihen von Erscheinungen dürfen auf keinen Fall als solche einander gleichgestellt werden. Beide sind, wie aus dem folgenden hervorgeht, Derivate einer und derselben Energie. Dieser Gesichtspunkt, der am besten als energetischer Monismus zu bezeichnen ist, wird in der folgenden Darstellung näher entwickelt werden.

II.

Die gegenseitigen Beziehungen zwischen Psychischem und Physischem und der psycho-physische Parallelismus.

Es lag nun die weitere Aufgabe vor, die gegenseitigen Beziehungen zwischen dem psychischen und physischen Element wissenschaftlich festzustellen.

In dieser Hinsicht traten vor allem zwei Lehren in den Vordergrund: 1) die neue Lehre von der Wechselwirkung und 2) die moderne Lehre des Parallelismus.

Die Lehre von der Wechselwirkung, die im Grunde aus dem Zeitalter Descartes' herrührt, betrachtet Seele und Körper als zwei von einander unabhängige Wesen, die jedoch untereinander in enger Wechselbeziehung stehen. Nach dieser Lehre, die in Rehmke einen ihrer hervorragendsten Vertreter hat, vermag die Seele materielle Veränderungen an den Dingen der Aussenwelt und somit auch an unserem Gehirn zu bewirken, wie andererseits die Aussenwelt, folglich auch materielle Veränderungen des Gehirns, auf die Psyche Einfluss üben.

Es besteht hier also die Annahme einer psycho-physischen Kausalität in dem Sinne, dass materielle Gehirnvorgänge als Ursache psychischer Erscheinungen auftreten, während diese ihrerseits auf die physischen Vorgänge im Gehirn zurückwirken.

Hingegen nach der Anschauung der Parallelisten spielen sich psychische und physische Erscheinungen im Zentralnervensystem immer nebeneinander ab. Wir haben darnach in unserer Psyche zwei Seiten einer und derselben Erscheinung — eine innere und eine äussere.

Auch diese Auffassung ist sehr alt. Wir finden sie zuerst bei Leibnitz und bei den Occasionalisten, später wurde sie von den Psychologen unterstützt und weiter entwickelt und fand bei hervorragenden modernen Experimentalpsychologen (Fechner, Ebbinghaus) Anerkennung.

Die Lehre von der Wechselwirkung kollidiert zunächst mit dem allgemein anerkannten Gesetz der Erhaltung der Energie. Um diese Schwierigkeit zu umgehen, hat man gesagt, das Energiegesetz habe für psychische Vorgänge keine Geltung. Es sei nur gültig in Beziehung

auf ein geschlossenes System[1]), während die physischen Vorgänge im Gehirn, die mit den psychischen in Wechselbeziehungen stehen, kein solches geschlossenes System bilden.

Ein derartiges Raisonnement schiebt, ohne etwas zu erklären, die Lösung der Aufgabe natürlich nur hinaus, denn es führt eine Voraussetzung ein, die ihrerseits des Beweises bedarf.

Die Lehre vom Parallelismus, die zuletzt durch Fechner neu begründet, gegenwärtig von Ebbinghaus[2]), Paulsen[3]), Heymans[4]) und anderen gestützt wird, besitzt indes gegenüber der Lehre von der Wechselwirkung gewisse Vorzüge, da sie, ohne die Frage nach den Grundlagen unserer Seelentätigkeit zu präsumieren, aber unter Hintansetzung der Anschauungen des groben Materialismus und des reinen Spiritualismus, die vollste Gesetzmäßigkeit der Wechselbeziehungen feststellt, die zwischen den inneren oder psychischen Erscheinungen und jenen materiellen Vorgängen bestehen, welche im Nervengewebe den Ablauf der Seelentätigkeiten begleiten.

Diese Lehre findet auch eine Stütze in dem Nachweise direkter Beziehungen zwischen Störungen der psychischen Verrichtungen und bestimmten materiellen Veränderungen des Gehirngewebes. Die Frage nach den Ursachen jener Wechselbeziehungen bleibt dabei in zweiter Linie stehen und wird von der Hypothese des Parallelismus nicht berührt. So fruchtbringend und grundlegend diese Lehre sich für die weitere Forschung im Gebiete der psychischen Tätigkeiten erwiesen hat, so zweifellos ist es, dass sie über das eigentliche Wesen der Beziehungen zwischen der Welt des Physischen und Psychischen keinerlei Aufschluss gewährt.

Der alte Spiritualismus ist hier gänzlich ohnmächtig, denn es ist unmöglich sich vorzustellen, dass psychische Vorgänge an und für sich jene materiellen Veränderungen herbeiführen sollten, die wir im Zentralnervensysteme entdecken. Nicht minder machtlos erweisen sich in dieser Frage die Lehren des Materialismus. Einige Materialisten sind bemüht gewesen, jene Wechselbeziehungen so zu deuten, dass sie sagten, das Psychische werde von dem Physischen erzeugt, oder mit anderen Worten: die materiellen Vorgänge seien Ursache der psychischen. Es wird dabei vorausgesetzt, der Gedanke, wie überhaupt alles Psychische, sei Produkt der Gehirntätigkeit. Dafür soll die Tatsache sprechen, dass eine Psyche ohne physisches Element nicht bestehen und zum mindesten nicht erwiesen werden kann, während physische Vorgänge am Organis-

[1]) L. Busse, Die Wechselwirkung zwischen Leib und Seele und das Gesetz der Erhaltung der Energie. Philosophische Abhandlungen.

[2]) Ebbinghaus, Grundzüge der Psychologie.

[3]) Paulsen, Einleitung in die Philosophie. 1901.

[4]) Heymans, Zur Parallelismusfrage. Zeitschr. f. Psychologie. Bd. XVII.

mus sich bekanntlich nicht selten ohne jede Beteiligung einer Psyche abspielen.

Der Grundfehler dieser Anschauung beruht nun auf einer unrichtigen Auffassung des Begriffes „Ursache". Mit der Feststellung einer Konstanz der Beziehungen zwischen bestimmten Erscheinungen ist noch nicht die Ursache dieser Beziehungen aufgedeckt. Um die Ursache zu finden, ist es notwendig darzutun, das Eine sei tatsächlich unmittelbare Folge des Zweiten. Dass aus dem materiellen Prinzipe sich das psychische nicht ableiten lässt, ist ebenso einleuchtend, wie die Unmöglichkeit, aus noch so vielen Nullen eine 1 oder eine andere Grösse zu erhalten. Daher konnten die Anschauungen der Materialisten nur bestehen, solange der erste von ihnen hervorgerufene Enthusiasmus anhielt.

Infolge der Unanwendbarkeit des Begriffes der kausalen Korrelation zwischen Psychischem und Physischem haben einige Vertreter der empirischen Philosophie, wie Avenarius und Mach, den Versuch gewagt, den Begriff der kausalen Korrelation durch den der funktionellen Korrelation zu ersetzen. Das Wesen dieser funktionellen Wechselbeziehung geht dahin, dass zwei Grössen in einem derartigen Verhältnisse zu einander stehen, dass bei Veränderung der einen Grösse notwendig eine Veränderung der zweiten Grösse eintritt. Bei der Annahme einer funktionellen Korrelation zwischen Psychischem und Physischem ist es, wie in der mathematischen Funktion, nach Avenarius völlig gleichgültig, welche von beiden Funktionen man als abhängig veränderlich und welche man als unabhängig veränderlich anerkennen will. Nehmen wir das Physische als unabhängig veränderlich an, dann ist das Psychische abhängig veränderlich, und umgekehrt, wenn wir das Psychische als unabhängig veränderlich betrachten, so muss das Physische als abhängig veränderlich angesehen werden. Auf diesem Wege wird gleichzeitig die Abhängigkeit des Psychischen vom Physischen, wie die Abhängigkeit des Physischen von dem Psychischen festgestellt.

Es ist nun unschwer zu erkennen, dass diese Betrachtungsweise uns nur eine bequeme Formel darbietet, um eine Gleichzeitigkeit psychischer und physischer Erscheinungen, sowie die Idee des Parallelismus zum Ausdruck zu bringen. Geben wir eine derartige funktionelle Korrelation zwischen Psychischem und Physischem zu, dann sind wir berechtigt zu sagen: wenn in unserem Gehirne bestimmte physiologische Vorgänge sich abspielen, so müssen bedingungslos zugleich mit jenen ganz bestimmte psychische Erscheinungen vor sich gehen, und umgekehrt: wenn wir eine geistige Anstrengung machen, denken usw., so müssen unweigerlich bestimmte dieser Seelentätigkeit entsprechende materielle Vorgänge in unserem Zentralorgane stattfinden. Man versteht ohne weiteres, dass dies für die Gleichzeitigkeit der psychischen und physischen

Vorgänge in dem Gehirn keine Erklärung liefert, sondern nur eine neue Erläuterung der Tatsache selbst ist.

Im Hinblicke auf diese Schwierigkeiten haben sich einige Vertreter des Parallelismus, um das beständige Handinhandgehen physischer und psychischer Vorgänge zu erklären, im Sinne des Monismus ausgesprochen und das Physische als identisch mit dem Psychischen hingestellt. Schon Fechner, der diese Anschauungsweise unterstützte, nahm an, dass das Physische und Psychische zwei Seiten einer und derselben Erscheinung darstellen, dass es sich also in diesem Fall um eine und die nämliche, von zwei verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachtete Erscheinung handelt. Mit anderen Worten: psychische und physische Vorgänge sind durchaus nicht ihrem Wesen nach von einander verschieden, da ja auch alles Materielle, wenn es durch das Prisma des Bewusstseins hindurch geht, ebenso als eine Summe von Vorstellungen erscheint, wie die Vorgänge des Bewusstseins selbst.

Die physiologischen Vorgänge im Gehirn und unsere Gedanken sind darnach nur zwei Seiten einer und der nämlichen Erscheinung. Der Unterschied zwischen ihnen liegt in Wirklichkeit nur darin, dass wir eine und dieselbe Erscheinung von zwei verschiedenen Standpunkten betrachten: nämlich von innen und von aussen. Der auf dem Wege der Selbstbeobachtung vorgehende Psychologe betrachtet den Gedanken von innen her, während der Physiologe den gleichen Vorgang von aussen verfolgt. Gleichzeitig von beiden Gesichtspunkten aus kann der Denkungsvorgang nicht betrachtet werden. Sehr bezeichnend äussert sich hierüber Riehl: Wir sind nicht berechtigt zu sagen, der Wille entspreche nur der Innervation des Gehirns; im Gegenteile, wir müssen entschieden sagen, der Wille sei der gleiche Vorgang, welcher dem objektiven Beobachter als zentrale Innervation, dem subjektiven als Willensimpuls sich darstellt[1]).

Von allen Vergleichen, welche von Anhängern des monistischen Parallelismus zur Erläuterung ihrer Sätze vorgebracht worden sind, scheint mir am zutreffendsten ein Ausspruch Taine's. Er vergleicht das Psychische und Physische mit einem Buche, abgefasst in zwei Sprachen, in der einen das Original — die Seele, in der anderen die Übersetzung — der Körper. Ich würde es für noch richtiger halten zu sagen: wir haben zwei identische Originale vor uns, abgefasst in zwei verschiedenen Sprachen, so jedoch, dass jedes von beiden gewissermafsen als wörtliche Übersetzung des anderen erscheint.

Es ist noch eine Reihe anderer Vergleichungen von den Forschern zur Erläuterung ihrer Anschauungen benutzt worden. Fechner z. B. richtete seine Aufmerksamkeit auf das Beispiel des Kreises[2]). Wenn

[1]) Riehl, Die Theorie der Wissenschaft und die Metaphysik. S. 231.
[2]) Fechner, Elemente der Psychophysik. Bd. I S. 3.

wir uns im Inneren eines Kreises befinden, dann erscheint uns seine Peripherie als konkav; befinden wir uns dagegen ausserhalb des Kreises, so erscheint uns die nämliche Peripherie als konvex. Das Sonnensystem stellt sich, von der Erde aus betrachtet, als ptolomäisch, von der Sonne aus als kopernikanisch dar.

Statt des Fechner'schen Kreises nimmt Ebbinghaus ineinandergeschobene mathematische Schalen, die in innerer Wechselbeziehung zu einander stehen, d. h. gewissermafsen für einander da sind und sich gegenseitig ersetzen können. Die Schalen sind unter einander gleichzeitig konkav und konvex; für den objektiven Beobachter jedoch ist die vorhandene Realität eine und dieselbe.

An der Hand solcher und ähnlicher Beispiele sind die Forscher bemüht den Umstand hervorzuheben, dass wir nicht imstande sind, das Physische und zu gleicher Zeit das Psychische als einheitliches Ganzes wahrzunehmen, sondern dass wir es nur von zwei Seiten, von innen und von aussen her, nacheinander wahrzunehmen vermögen, und darauf beruht es, dass eine und die nämliche Erscheinung uns gewissermafsen aus zwei verschiedenen Vorgängen bestehend erscheint, von denen jeder von uns als gesondert wahrgenommen wird.

Allein auch in dieser Gestalt wird der monistische Parallelismus weitaus nicht von allen geteilt, denn er gewährt uns nicht so sehr eine tatsächliche Erklärung, als vielmehr eine Reihe von Gleichnissen. Wenn wir sagen: zwei ihrem Wesen nach verschiedene Vorgänge stellen sich dar als zwei Seiten eines und des nämlichen Vorganges, so handelt es sich im Grunde um eine Vergleichung, nicht um eine Identifizierung.

Ich muss in dieser Hinsicht Ziehen beistimmen, wenn er sagt: „Welchen wissenschaftlichen Sinn können wir mit den Wörtern „aussen" und „innen" hier verbinden, wo es sich gar nicht um räumliche Verhältnisse handelt?" Ferner, wer ist derjenige, von dessen „Standpunkt betrachtet" das Reale bald als psychisch, bald als materiell erscheint? Wir müssen uns geradezu noch ein drittes Wesen hinzudenken oder den Kugelschalen die merkwürdige Eigenschaft sich vorzukommen, zu manifestieren, für einander zu sein etc. zuschreiben, um diese Identitätshypothese durchführen zu können. Diese Aushülfe erscheint mir noch unendlich viel bedenklicher als z. B. irgend eine occasionalistische Hypothese".

Mehrere angesehene Vertreter des Parallelismus, wie z. B. Avenarius, erheben daher Einspruch gegen eine Annäherung oder Identifizierung des Physischen und des Psychischen. In der Welt des Physischen begegnen wir nur materiellen Erscheinungen. Dabei leitet sich alles Materielle immer nur aus Materiellem her, während alles Psychische nur aus Psychischem, niemals aus Materiellem hervorgeht. Wie es zwischen physischen Vorgängen kausale Beziehungen gibt, so bestehen

kausale Beziehungen auch zwischen psychischen Erscheinungen. Nur zwischen physischen und psychischen Erscheinungen gibt es keine kausalen Beziehungen.

Trotz dem parallelen Ablauf der Vorgänge in der Welt des Psychischen und Physischen stehen also diese beiden Welten völlig gesondert von einander da als Einzelwelten, und dennoch besteht zwischen beiden Reihen von Erscheinungen volle Korrespondenz nach dem Prinzipe der prästabilierten Harmonie von Leibnitz, oder es werden, zufolge der Lehre der Occasionalisten, vermöge des unser Begriffsvermögen übersteigenden Einwirkens eines höheren Prinzipes die physischen Erscheinungen in jedem einzelnen Falle mit den psychischen in Einklang gebracht.

Die Hypothese des Parallelismus liefert also keine neue Erklärung des Zusammenhanges zwischen physischem und psychischem Prinzip. Sie hebt nur das konstante Wechselverhältnis zwischen Physischen und Psychischen als Tatsache hervor und bringt dieses Verhältnis in eine bestimmte wissenschaftliche Formel.

Mit der Anerkennung einer in unseren Zentren bestehenden konstanten Wechselbeziehung zwischen psychischen und materiellen Erscheinungen lässt die Lehre des Parallelismus an sich jenen Gegensatz zwischen geistigem (psychischem) und materiellem Prinzip, der in der Philosophie und Psychologie seit Descartes eine Rolle spielt, im Grunde nicht nur nicht ausgeschlossen erscheinen, sondern bietet diesem Standpunkt vielmehr einen weiteren Rückhalt und unterstützt zu gleicher Zeit Leibnitz' Lehre von der prästabilierten Harmonie, da der Occasionalismus gegenwärtig kaum irgendwo Vertretung findet. Wie sehr dieser Gegensatz zwischen psychischem (geistigem) und physischem (materiellem) Prinzip noch jetzt die Anschauungen in der Psychologie beherrscht, bezeugen beispielsweise Wundt's neuere Bemerkungen über psychische Kausalität und psychophysischen Parallelismus[1].

Nach Wundts Ansicht hat die physische Bestimmung einer Grösse zu ihrem Gegenstande objektive Mafsen, Kräfte und Energien, die psychische — subjektive Werte und Ziele. Noch vollständiger drückt Wundt sich aus, wenn er sagt: Die Bewegungen der Muskeln bei äusseren Willenstätigkeiten und jene physikalischen Prozesse, welche die Sinneswahrnehmungen, die Associationen und die Funktionen der Apperception begleiten, folgen unweigerlich dem Prinzip der Erhaltung der Energie, doch können bei gleicher Grösse dieser Energie die darin zum Ausdruck kommenden Werte und Ziele ihrer Grösse nach verschieden sein. Und dann fährt er fort: Die physikalische Veränderung hat es zu tun mit quantitativen Grössen, welche eine Abstufung nur-

[1]) W. Wundt, Grundriss der Psychologie.

nach den quantitativen Verhältnissen der gemessenen Erscheinungen zulassen. Im Gegensatze dazu haben psychische Veränderungen im Endresultate stets qualitative Wertgrössen zum Gegenstande. Der Fähigkeit der Ausübung einer rein quantitativen Wirkung, welche wir als Grösse der physikalischen Energie bestimmen, lässt sich daher gegenüberstellen die Grösse der psychischen Energie als Fähigkeit qualitativ verschiedene Werte hervorzubringen. Der Zuwachs an psychischer Energie ist unter solchen Voraussetzungen nicht nur vereinbar mit der für die naturwissenschaftliche Betrachtung notwendigen Konstanz der physischen Energie, sondern beide Sätze dienen, sich gegenseitig vervollständigend, als Mafsstab zur Beurteilung unseres Experimentes im ganzen. Denn der Zuwachs an psychischer Energie erscheint nur insofern in entsprechender Beleuchtung, als er die Kehrseite der physischen Konstanz darstellt. Der Kontinuität der physikalischen Vorgänge steht auf der anderen Seite als psychologisches Korrelat derselben gegenüber jene Tatsache des Schwundes psychischer Werte, wie sie unzweifelhaft im Experiment gegeben ist.

Es ist nun, wie leicht ersichtlich, der Begriff der psychischen Energie in Wundt's Auffassung etwas ganz anderes, als der Begriff der physischen Energie. Jene wird dieser direkt gegenübergestellt als etwas, was zu qualitativen Werten hinführt, die zeitweise verloren gehen, im Gegensatze zur Konstanz der physischen Energie, die quantitative Grössen ergibt.

Es ist klar, dass die psychische Energie im Sinne W. Wundt's der gewöhnlichen Weltanschauung, welche den Geist der Materie gegenüberstellt, kaum etwas neues hinzufügt. Nur tritt hier an Stelle von Geist der Begriff psychische Energie, und an Stelle von Materie — physische Energie. Aber beide Begriffe, psychische und physische Energie, sind ebenso incommensurable Grössen, wie Geist und Stoff der älteren Philosophie

III.

Der physikalische Energetismus und der Begriff der psychischen Energie.

Einen ganz ähnlichen Dualismus bietet uns die Physik in dem Begriff Kraft bezw. Energie und Materie. Da jedoch seit der Entwickelung der Lehre von der Energieerhaltung sich die Möglichkeit ergeben hat, die Energie mathematisch zu bestimmen, so konnte dieser Dualismus in der Physik nicht in demselben Grade schaden, wie er sich der Erforschung der psychischen Tätigkeiten als schädlich erwiesen hat. Nichtsdestoweniger haben sich auch unter den Physikern in letzterer Zeit laute Stimmen gegen jenen Dualismus erhoben, der sich in dem Begriffe Kraft und Stoff (Materie) verbirgt. Beachtung verdient in dieser Hinsicht unter anderem der von Mayer und später von Ostwald unternommene Versuch, die ganze sichtbare Welt unter den Begriff der Energie zu bringen und den Begriff Materie völlig aus der gewöhnlichen wissenschaftlichen Weltanschauung zu eliminieren [1]).

Als real vorhanden anzuerkennen ist nach Ostwald in der Natur nur Energie. Energie ist die einzige unveränderliche Grösse, die wir in der Natur entdecken. Stoff dagegen ist bloss Erzeugnis unseres Gedankens. Nach Ostwald lassen sich sämtliche Eigenschaften der sog. Materie betrachten als verschiedene Erscheinungsformen der Energie. Masse ist ihm nichts anderes als die Fähigkeit der Bewegungsenergie, den Raum zu erfüllen; es ist mit anderen Worten Volumenergie. Schwere ist Ausdruck von Lagenenergie. Die chemischen Eigenschaften der Körper beruhen auf chemischer Energie.

Alles also, was wir von der Aussenwelt wissen, kann auf das Verhalten der Energie zurückgeführt werden. Zu der Annahme eines besonderen Energieträgers, d. h. einer Materie, liegt schon deshalb kein Grund vor, weil wir von einer solchen Materie nichts erfahren können, während die verschiedenen Energieäusserungen für alles uns Bekannte eine Erklärung liefern.

[1]) W. Ostwald, Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus. Leipzig 1895.

Nach Ostwald handelt es sich überall nur um Energien, und wenn man von dem Begriffe der verschiedenen Arten der Materie abstrahiert, so bleibt nichts mehr übrig, nicht einmal ein von ihr eingenommener Raum, denn auch diesen erkennen wir nur durch Aufgebot von Energie, erforderlich zum Behufe des Eindringens in den Raum, also zur Bewegung. Materie ist sonach ihrem Wesen nach nichts anderes als räumliche Anordnung verschiedener Energien, und alles was wir von ihr aussagen, bezieht sich im Grunde auf diese Energien.

Ein Stockschlag löst in dem Getroffenen eine entsprechende Empfindung aus nur infolge der Energie des Schlages; der Stock selbst hat, wie Ostwald erläutert, damit nichts zu tun. Bei einem Stosse gegen einen ruhenden Stab empfinden wir ebenfalls einen Unterschied des Energiezustandes in bezug auf unsere Sinnesorgane: überhaupt reagieren unsere Sinnesorgane nur auf Energiedifferenzen zwischen diesen Organen und dem umgebenden Medium.

Nach Ostwald ist also alles Reale in der Welt zurückzuführen auf verschiedene Formen und Quantitäten der Energie. Die Lehre ist daher als Energetismus zu bezeichnen im Gegensatz zu der allgemein angenommenen Lehre des Atomismus, die das Vorhandensein einer atomistischen Materie zur Voraussetzung hat.

Als Reaktion gegen das Vorherrschen eines übertriebenen Dualismus musste Ostwald's Hypothese, wie jeder kühne Versuch, alte Dogmata zu zerstören und auf den Trümmern derselben eine neue Auffassung der Dinge zu begründen, naturgemäfs vielen und nicht gegenstandslosen Angriffen begegnen. Wir wollen hier auf den Inhalt dieser Angriffe nicht näher eingehen.

Ein wesentlicher Fehler der Lehre besteht in dem Umstande, dass Ostwald, indem er den Begriff der Materie abweist und statt dessen Energie substituiert, die Anzahl der verschiedenen Energieformen ins Ungeheure ausdehnt, was wissenschaftlich sicher keinen Vorteil bedeutet.

Die äusseren Eigenschaften und Beziehungen der Körper führen nach Ostwald's Lehre zu der Annahme neuer Energien (Volum-, Raum-, Oberflächenenergie usw.). Sind sie nicht gar dazu da, um das, was uns in der Natur verborgen ist, mehr oder weniger zu verdecken? Gibt es keinen Stoff und sind die Körper blosse Energieformen, dann müssen die Körper restlos in andere Energieformen aufgehen. In der Natur aber kommt dies nirgends vor; bei chemischen Umsetzungen verändern die Körper nur ihre Konstitution, ihre Form, ihr Volumen, sie gehen nicht zugrunde, sondern es erhält sich das Gesamtgewicht ihrer äusserlich modifizierten Teile.

Mit dem Gesetze der Erhaltung des Stoffes ist also Ostwald's Hypothese schwer oder gar nicht vereinbar.

Gleich Mayer, dem eigentlichen Begründer der Energetik, lehnt auch Ostwald weitere Hypothesen ab; ist aber „Formenergie", „Oberflächenenergie" usw. etwas anderes als Hypothese, und zwar eine Hypothese, die ohne hinreichende Begründung dasteht?

Im Gegensatze zu der völlig irrtümlichen älteren Anschauung, die den Stoff als träge Materie dem Begriffe der Kraft als aktivem Prinzip gegenüberstellt, sagen wir einfach: es gibt in der Natur überall nur aktives Milieu, in deren Wesen sich die sog. Energie verbirgt. Mag dies Milieu in seinem ursprünglichen Zustande nicht jene Form darbieten, wie wir uns für gewöhnlich den Stoff vorstellen, ja mag sie jener Eigenschaften entbehren, die wir gewöhnlich der Materie zuschreiben: aber wir können uns in der Welt Energie allein ausserhalb eines Milieu nicht vorstellen. Der menschliche Geist kann sich nicht mit der Vorstellung versöhnen, die uns umgebende Welt sei lediglich eine Summe von Energie-Modifikationen im absolut leeren Raum. In dieser Beziehung stösst Ostwald's Lehre gleich dem philosophischen Spiritualismus, auf eine Reihe logisch nicht zu beseitigender Schwierigkeiten.

Es erscheint somit nicht für notwendig, den üblichen Begriff der Materie mit den ihr zukommenden Eigenschaften in der Schlussanalyse beizubehalten, aber es ergibt sich, dass Energie und primäres Milieu untrennbar sind; der Begriff des primären Milieu kann nicht ausgeschlossen werden, da es undenkbar ist, dass Kraft im absolut leeren Raume wirksam sein könnte.

Man darf sich offenbar von der Energielehre in der ihr von Ostwald gegebenen Gestalt nicht hinreissen lassen.

Man braucht nicht Energie als aktives Prinzip dem Stoff als trägem Prinzip gegenüberzustellen, wohl aber ist anzunehmen, dass Energie nur im primären Milieu, von dem sie nicht trennbar ist, bestehen kann, ebenso wie Milieu ohne Energie nicht gedacht werden kann.

Überall in der uns umgebenden Welt finden wir ein aktives Milieu, das gleichzeitig Energie und Masse in sich umfasst und das wir nur in Gedanken in Stoff (als materielles träges Prinzip) und Energie als aktives Prinzip zerlegen können.

Von diesem Gesichtspunkte erscheint die gesamte unseren Sinnen zugängliche Welt als aktives Milieu. Mit anderen Worten, es gibt in der Welt keinen Stoff als besonderes, von der Energie trennbares träges Prinzip, wie es eigentlich auch keine Energie als besonderes, selbständig-aktives Prinzip gibt. Beides ist vielmehr Erzeugnis unserer Reflexion, hervorgegangen aus dem Wunsch, ein in der Natur untrennbares aktives

Milieu in zwei ihrem Wesen nach einander entgegengesetzte Prinzipien zu zerlegen.

Der Begriff „aktives Milieu" umfasst hiernach die Begriffe Masse und Energie bezw. Kraft in sich. Stoff in seinen uns zugänglichen Formen, d. h. in Gestalt physikalischer Körper, ist bloss äussere Erscheinungsform des aktiven primären Milieu. Die Innenursache ihres aktiven Zustandes nennen wir Kraft bezw. Energie. In diesem bedingten Sinne können wir von kinetischer Energie sprechen; potentielle oder latente Energie dagegen ist am besten als Fähigkeit zur Arbeit oder zur Veränderung des Aktivitätszustandes im Milieu zu definieren. Wir unterscheiden zwar mehrere Energieformen, es gibt aber in der Natur überall nur eine einheitliche, ihrem Wesen nach überall gleiche Weltenergie als Innenursache der Aktivität des Gesamtmilieu.

Wir können daher darauf verzichten, neue Energieformen, wie sie Ostwald annimmt, in die Betrachtung einzuführen. Für uns genügt es zu sagen: die kristallinische oder sonstige Gestalt eines uns sichtbaren Körpers, seine Schwere bezw. sein Gewicht, seine innere oder chemische Konstitution ist das Resultat einer Modifikation des aktiven primären Milieu, welche wir im konkreten Falle je nach ihrer äusseren Erscheinungsform bedingungsweise Attraktionsenergie, elektrische Energie, Wärme-, Lichtenergie usw. nennen können, bei welcher es sich jedoch überall im Grunde um ein und dasselbe aktive Milieu handelt, das nur in seinen Äusserungen Verschiedenheiten darbietet und deren Grundlage eine einheitliche Weltenergie bildet.

Nach Ostwald's Darstellung werden, wie wir sahen, die verschiedenen Energieformen der Aussenwelt von uns erkannt vermöge jener Beziehungen, die sie mit der Energie unserer Sinnesorgane eingehen.

So führt uns Ostwald's Lehre naturgemäfs und unweigerlich zu der Lehre von einer psychischen Energie unserer Sinnesorgane und weiterhin unseres ganzen Nervensystemes. Der Versuch, eine Lehre von der psychophysischen Energie in Übereinstimmung und als weiteren Ausbau der Ostwald'schen Hypothese zu begründen, liegt tatsächlich bereits vor, und zwar von Seiten des Philosophen Lasswitz[1]).

Ist die physikalische Veränderung bedingt durch Energieaustausch und sind alle psychischen uns zum Bewusstsein kommenden Veränderungen verbunden mit physikalischen Veränderungen in unserem Nervensysteme, dann sind wir nach Lasswitz berechtigt, mit allen Veränderungen des individuellen Bewusstseins Veränderungen des Energiezustandes in dem entsprechenden Nervenapparate in Verbindung zu bringen. Unter

[1]) K. Lasswitz, Über psychophysische Energie und ihre Faktoren. Archiv f. system. Philosophie 1895. Bd. I. H. 1.

psychophysischer Energie will Lasswitz verstanden wissen jenen Teil der Energie des Nervensystemes, dessen Veränderungen zu Veränderungen des Bewusstseinszustandes Anlass geben, oder mit anderen Worten: als psychophysische Energie ist zu verstehen jener Anteil der Energie der Nervenzelle, dessen Schwankungen wir als individuellen Bewusstseinszustand empfinden. Die Umsetzungsprozesse der psychophysischen Energie sind es, die nach Ansicht von Lasswitz das physiologische Korrelat der psychischen Erscheinungen darstellen.

Unsere Empfindungen und Empfindungskomplexe entstehen durch Energieaustausch zwischen Formationen, zu deren System auch unser Gehirn gehört. Wenn als Besonderheit der psychophysischen Energie der Umstand erscheint, dass ihre Faktoren keiner Messung zugänglich sind, während für die Potenziale der übrigen Energieformen wohl ein bestimmter Mafsstab vorhanden ist, so ergibt sich hieraus nur die Unmöglichkeit einer mathematischen Inangriffnahme derselben, keineswegs aber die theoretische Unzulässigkeit jener Faktoren. Das eigentliche Wesen seiner Hypothese bringt Lasswitz in der Weise zum Ausdrucke, dass er sagt: der Faktor der Arbeitsfähigkeit der psychophysischen Energie oder sog. Empathie bildet das physiologische Korrelat des Gefühls.

Lasswitz betrachtet also die psychophysische Energie als physiologisches Korrelat psychischer Vorgänge. Schwankungen dieser Energie werden von uns als individuelles Bewusstsein empfunden.

Zu bemerken ist dabei, dass nach Lasswitz die gewöhnlichen psychologischen Begriffe, wie Gefühle, Empfindungen und Vorstellungen, in keinerlei funktioneller Wechselbeziehung mit der psychophysischen Energie sich befinden. Sie erscheinen nicht als irgend bestimmte Grössen, sondern stellen abstrakte Begriffe dar, die wir bedingungsweise zum Zwecke der Analyse unseres Innenlebens annehmen. Lasswitz betont die Unfruchtbarkeit aller bisher unternommenen Versuche, die physiologischen Korrelate der Seelenzustände aufzufinden: sie sind sämtlich aus der molekularen oder atomistischen Theorie hervorgegangen. Er glaubt daher, es müsste wenigstens der Versuch gemacht werden, zu eruieren, welche Ergebnisse sich mit Hilfe der Methoden der Energetik gewinnen lassen.

Der Vorzug dieser letzteren vor der molekular-mechanischen Theorie besteht nach Ansicht von Lasswitz in der Aufführung neuer Energieformen; sie eröffne der Untersuchung neue Gebiete, welche infolge der grossen Kompliziertheit der Vorgänge, die sie umfassen, vom Standpunkte der atomistischen Theorie unzugänglich erscheinen. Die Frage gehe dahin, inwiefern Tatsachen der Seelentätigkeit sich in Übereinstimmung bringen lassen mit dem Allgemeinzustande der cerebralen oder psychophysischen Energie, der den allgemeinen Energiegesetzen untergeordnet ist.

Wie Ostwald mit seiner Hypothese den Stoff aus der Aussenwelt verbannt, so führt Lasswitz alle psychische Tätigkeit auf eine besondere psychophysische Energie zurück, wobei er jene physikalischen bezw. materiellen Veränderungen, welche, wie wir jetzt wissen, mit unserer Seelentätigkeit Hand in Hand gehen, gänzlich unberührt lässt und mit Stillschweigen übergeht.

Das Vorhandensein einer besonderen psychischen Energie mit dem Vermögen der Umsetzung in physikalische Energien und umgekehrt wird auch von einigen anderen Forschern angenommen. So bekämpfen Siegwart und Sturmer die Auffassung der Energie als Molekularbewegung. Sie halten an der Ansicht fest, der Vorgang der Verwandlung einer Energie in eine andere, wie beispielsweise von Elektrizität in Licht oder Wärme, dürfe durchaus nicht mechanisch gedeutet werden im Sinne einer Veränderung des Charakters der Molekularbewegung. Dieser Anschauung nach entbehrt somit die gewöhnliche Vorstellung, wonach die beim Zusammenstosse zweier Massen sich entwickelnde Wärme bedingt sei durch Übergang von Massenbewegung in Molekularbewegung, einer hinreichenden Begründung; auch der Satz, dass Wärme einer besonderen Art von Molekularbewegung entspreche, stehe unbewiesen da. Wir können Wärme nur als besondere Form der Energie definieren, ohne das eigentliche Wesen derselben zu präsumieren.

Bei einer derartigen Betrachtungsweise hat die Annahme einer psychischen Energie, sowie eines Verwandlungsvermögens derselben in physische Energie und umgekehrt natürlich keinerlei Schwierigkeiten. Denn in diesem Falle entspricht Energie nur der Fähigkeit der Arbeit, während es gleichgültig bleibt, ob es sich dabei um psychische oder physische Energie handelt.

Diese Auffassung käme natürlich in Betracht, falls es gelänge, jenen vorhin erwähnten unbestreitbaren Grundunterschied zwischen physischen und psychischen Erscheinungen aus der Welt zu schaffen. Bis dahin erreicht der vorliegende Versuch sein Ziel nicht.

Nach Stumpf[1]) ist das Gesetz von der Erhaltung der Energie einfach Gesetz der Verwandlung.

Wenn kinetische Energie in eine andere Energieform umgesetzt wird und diese letztere dann ihrerseits in kinetische Energie zurückverwandelt werden kann, so resultiert die gleiche Summe von Energie, die ursprünglich zur Anwendung gelangte. Da das Gesetz nicht näher besagt, worin die verschiedenen Energieformen zu bestehen haben, so dürfte man das Psychische betrachten als Ansammlung einer besonderen

[1]) Stumpf, Rede zur Eröffnung des III. internationalen Kongresses für Psychologie.

Art Energie, die ihr mechanisches Äquivalent besitzen könnte. Kurz lässt sich dies also offenbar in der Weise ausdrücken, dass in der Physik unter Energie nicht notwendig etwas Physisches verstanden zu werden braucht, und in einem solchen Falle ist bereits die Möglichkeit gegeben, von einer Umsetzung uns bekannter Energieformen in psychische Energie und umgekehrt zu sprechen. Hier wird also, wie man sieht, der Begriff des Psychischen einfach ausgeschaltet oder umgangen, und zwar unter Hintansetzung dessen, was eigentlich wissenschaftlich untersucht werden soll.

Einige Forscher glauben selbst in der Möglichkeit eines Überganges von Physischem in Psychisches einen Widerspruch zu vermissen. Seit Descartes heisst es, Kausalität könne nur zwischen gleichartigen Erscheinungen vorhanden sein. Dies ist aber ein Irrtum. Richtig wäre der Satz nur in dem Falle, wenn wir unter Ursache etwas verstehen würden, was eine Wirkung hervorruft oder wenn wir irgend einen inneren Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung entdecken wollten. In Wirklichkeit denken wir uns unter Kausalität etwas ganz anderes. Wir wollen mit dem Worte Kausalität nur ausdrücken: wenn A gegeben ist, so erscheint im Gefolge davon B, eine Veränderung von A ruft eine Veränderung von B hervor usw. Es ist also gar nicht notwendig, dass zwischen Ursache und Folge Gleichartigkeit besteht. Die allerheterogensten Erscheinungen können zueinander im Verhältnisse der Kausalität sich befinden. Gewöhnlich hat es den Anschein, als ob das Kausalitätsverhältnis in der Welt des Physischen etwas in hohem Grade Einfaches und Verständliches, hingegen das kausale Verhältnis zwischen Psychischem und Physischem ganz unerfassbar sei. Wenn eine sich in Bewegung befindliche Kugel auf ihrer Bahn eine zweite Kugel trifft und diese letztere in Bewegung versetzt, so sagen wir: die Bewegung der ersten Kugel ist Ursache der Bewegung der zweiten Kugel. Dieser Zusammenhang erscheint uns einfach und verständlich. Wenn hingegen sich nach einem bestimmten Willensentschluss eine Bewegung des Armes einstellt, so erscheint die ursächliche Beziehung zwischen beiden Vorgängen unbegreiflich. In Wirklichkeit aber ist das kausale Verhältnis der Erscheinungen in dem zweiten Falle nicht weniger, ja vielleicht noch leichter verständlich, als in dem ersten, und es ist nicht unmöglich, dass jene erste kausale Beziehung uns nur deshalb begreiflich wird, weil wir bereits mit der zweiten bekannt sind[1]).

Es ist nun unschwer zu bemerken, dass hier als Begriff der Kausalität der Begriff der funktionellen Beziehung, von dem schon früher die Rede war, supponiert wird. Ein derartiger Sophismus wird schwerlich

[1]) Tschelpanow, a. a. O. S 310.

als befriedigend angenommen werden können. Die ganze Auffassung läuft im besten Fall auf einfache Umschreibung der Tatsache der Umsetzung eines Willensimpulses in Bewegung hinaus, liefert aber keine Erklärung des eigentlichen Wesens der Erscheinung.

Der Begriff der psychischen Energie wird von manchen Forschern noch in einem anderen Sinne festgehalten und entwickelt. Beachtung verdient hier vor allem der Versuch Grot's, den Begriff der psychischen Energie in die Psychologie einzuführen[1]). Seine dahinzielende Aufgabe definiert Grot selbst wie folgt:

„Es handelt sich in der Analyse ausschliesslich um die Frage: 1) gibt es eine besondere psychische Energie als Grundlage seelischer Vorgänge und Tätigkeiten? und 2) gehorcht dieselbe als Element des Systems der Naturenergie dem Gesetze von der Erhaltung der Energie in dem gleichen Mafse wie die physischen Energien, welche, wenn die psychische Energie sich ihnen in jenem Systeme anreiht, nirgends als rein physikalische gedacht werden können, sondern sämtlich gewissermafsen als psychophysische (d. h. als in die psychische Form verwandlungsfähig) oder einfach als Formen einer einheitlichen Weltenergie sich erweisen müssen."

Bei Erörterung der ersten Frage berührt Grot in Kürze die vorhandenen Versuche einer philosophischen Auffassung des Zusammenhanges zwischen geistigen und körperlichen Erscheinungen, betont die völlige Unzulänglichkeit dieser Versuche und bemerkt mit Recht, „die Frage nach dem gegenseitigen Zusammenhange zwischen der Welt des Psychischen und Physischen, zwischen Bewusstsein und Milieu, zwischen Ideenwelt und den Elementen der Naturprozesse ist in neuerer Zeit aus dem Gebiete des Problems in das Gebiet der Tatsachen eingetreten. Eine ununterbrochene Wechselwirkung zwischen den empirisch gegebenen Faktoren des inneren (psychischen) und des äusseren (physischen) Seins ist ohne Zweifel vorhanden. „Zur Erklärung dieser Wechselwirkung", fährt Grot fort, „haben wir nach einem derartigen wissenschaftlichen Begriff und nach einem derartigen Prinzip zu suchen, welches ohne die Ursprünglichkeit und Eigenart des psychischen Vorganges im Vergleiche zu dem physiologischen bezw. physikalischen, zu alterieren oder auszuschliessen, dennoch eine gemeinsame Grundlage darbieten würde zur Vergleichung derselben untereinander, d. h. zur genauen Definition ihres gegenseitigen Zusammenhanges und ihrer gegenseitigen Abhängigkeit." Er erklärt sich weiterhin einig mit Lasswitz in der Ansicht, dass, wenn diese allgemeine Grundlage nicht gefunden werden konnte mit Hilfe der Molekulartheorie des

[1]) Grot, Fragen der Philosophie und Psychologie 1897.

Stoffes, die in der psychologischen Analyse nicht anders anwendbar erscheint als etwa in Form jener verzerrten und groben Metapher Karl Vogt's, wonach „der Gedanke aus dem Gehirn kommt wie die Galle aus der Leber", wir dieselbe suchen können und suchen müssen an der Hand der Methoden der Energetik. Sind wir doch tatsächlich berechtigt zu fragen: wenn jeder physikalische und speziell jeder physiologische Vorgang dem Gesetze der Erhaltung der Energie unterworfen ist und in der Theorie der Energien und ihrer Umsetzungen eine Erklärung findet, wenn ferner eine exakte Bestimmung der Wechselbeziehungen und des gegenseitigen Zusammenhanges der physikalischen und der psychischen Prozesse als lebhaftes Postulat der Wissenschaft erscheint, dürfen wir dann nicht hoffen, dass gerade mit Hilfe des Energiebegriffes und des Gesetzes der Erhaltung der Energie es gelingen werde, jene Aufgabe zur Lösung zu bringen?"

„Es gibt vorläufig ausser den Lehren der Energetik keine anderen Anhaltspunkte zu einer wissenschaftlichen Gegenüberstellung der Begriffe des psychischen und des physischen Vorganges, d. h. zur Lösung des Problemes von der Natur der wechselseitigen Abhängigkeit zwischen psychischer Tätigkeit und physischer Arbeit. Die Lehre der Energetik ist wohl imstande, ein einheitliches Prinzip in die Analyse der psychischen und physiologischen Vorgänge zu bringen."

Grot geht nun zu der psychischen Energie und zu der Frage nach den Beziehungen derselben zu den physikalischen Energien über, formuliert in 8 Thesen das Gesetz von der Erhaltung der Energie im Sinne der Physiker und bemerkt sodann weiter: „Aus dieser Darstellung der Grundsätze der physikalischen Energetik wird gewöhnlich der Schluss gezogen, diese Lehre könne keinerlei Anwendung finden im Gebiete rein psychischer Tätigkeiten, wo dem Anscheine nach weder von „Körpern" als Trägern der Energie, noch von „Konfiguration", noch von „Masse", noch auch von einem „Quadrat der Bewegungsgeschwindigkeit" die Rede sein kann."

Teils auf dem Boden der Energetik, teils auf dem Wege der Analyse und Kritik gewisser Thesen des Gesetzes von der Erhaltung der Energie gelangt Grot zu folgendem für seine Anschauungsweise bezeichnendem Satze: „Die Tatsache einer gewissen gesteigerten Verbreitungsgeschwindigkeit der psychischen Energie im Raume beim Übergange derselben in physikalische Formen (und weiterhin umgekehrt in psychische) unterliegt keinem Zweifel. Wenn die Ideen einer bestimmten Person durch Vermittelung der Presse in der Welt eine mehr oder weniger schnelle Verbreitung finden, wobei hunderttausende Personen in den verschiedensten Ländern von ihnen durchdrungen werden oder auf dieselben reagieren — ein derartiger Vorgang spielt sich vor unseren Augen mit den Lehren des Grafen Tolstoi ab —

und wenn diese Ideen durch Vermittelung physikalischer Schriftzeichen, die das Auge mit Hilfe von Lichtsstrahlen aufnimmt, die psychische Energie zahlreicher menschlicher Organismen steigert oder schwächt oder die Erscheinungsweise und die Art der Entladung dieser Energie modifiziert, so fragen wir: ist dies nicht eine Tatsache, welche beweist, dass auch die psychische Energie Äquivalente besitzen muss in einer räumlichen Bewegung, die sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit vollzieht und eine bestimmte zeitliche Beschleunigung darbietet?"

Aus diesem Raisonnement erhellt Grot's Auffassung des Begriffes der psychischen Energie. An einem anderen Orte hebt er mit Bestimmtheit hervor, der von ihm aufgestellte Begriff der psychischen Energie sei nicht identifizierbar mit der psychischen Energie im Sinne Lasswitz' und dürfe auch mit dem Begriffe der Nervenenergie nicht verwechselt werden. „Die neurophysikalische oder neurocerebrale Energie ist etwas unzweifelhaft Reales, von der Wissenschaft Anerkanntes und zugleich ein notwendiges Postulat der Energetik und der „organischen Physik", die als Wissenschaft übrigens noch im Keime liegt. Nicht minder zweifellos vorhanden aber ist neben einer neurocerebralen Energie das Vorhandensein einer psychischen Energie als besondere Form jener Naturenergien, die in ihrer Wirkung für das Selbstbewusstsein (oder für die innere Erfahrung) durch besondere Merkmale oder Erscheinungen, als Bewusstsein, Empfindung, Gefühl, Instinkt usw. in ähnlicher Weise zum Ausdrucke kommt, wie die physikalischen Energien und Bewegungen für unser Bewusstsein sich durch verschiedene und eigenartige Merkmale äussern, die durch ihre Apperception (in der äusseren Erfahrung), d. h. durch unsere Empfindungen (Licht, Farbe, Schall, Ton, Druck, Geschmack, Geruch usw.) bestimmt werden."

In der Darstellung des Gesetzes der Erhaltung der Energie substituiert Grot den physikalischen Begriff des „Körpers" durch das abstraktere philosophisch zutreffendere Wort „Agens" und wendet sich dann zur Erörterung der Frage, ob es gestattet sei, den Begriff psychische Energie in dem gleichen streng wissenschaftlichen Sinn aufzuführen, wie man dies bezüglich der physikalischen Energie gewohnt ist?

„Mit Bezug auf diese Frage ist es von Wichtigkeit darzutun", bemerkt Grot weiterhin, „dass die psychische Energie quantitativer Schätzung unterliegt, sich als bestimmte Umsetzungsform anderer Naturenergien darstellt und sich selbst beständig in solche verwandelt, dass ihr die gleichen Übergänge aus dem Zustande des Potentiellen in den des Aktiven oder Kinetischen und umgekehrt und zwar mit der Wahrscheinlichkeit der Erhaltung ihrer Gesamtmasse ebenso eigentümlich sind, wie den sog. physikalischen Energien, d. h. also, dass das Gesetz der Erhaltung der Energie keinerlei Störung

erleidet, wenn wir annehmen, dass in der Gesamtsumme der Naturenergien eine besondere zusammengesetzte psychische Energie enthalten sei."

Im weiteren Verfolge seiner Darlegung bemüht sich Grot zu zeigen, die psychische Energie, die er offenbar im Sinne geistiger Fähigkeit überhaupt oder bewusster Willenstätigkeit aufgefasst wissen will, unterliege quantitativer Schätzung (geringere oder grössere Fähigkeiten eines Menschen, Grösse des Talentes, Notensystem als Mafsstab für geistige Leistungen etc.).

Er weist ferner darauf hin, dass es eine „psychische Fähigkeit der Arbeitsleistung" gibt, denn in Wirklichkeit stellt sich unser ganzes Seelenleben und unsere psychische Tätigkeit als ununterbrochene Arbeit dar. Nach Erschöpfung der psychischen Energie entstehen aus dem Organismus und aus dem Medium neue psychische Kräfte auf dem Wege der Ernährung und Atmung, der Wirkung von Licht, Wärme, Elektrizität, ja mechanischer Impulse. Der Stoff wird durch Ernährung und Atmung in geistige Kräfte umgesetzt, und die physikalischen Energien der Stoffe werden durch einen zusammengesetzten physiologischen Vorgang in neurocerebrale und erst durch Vermittelung dieser letzteren schliesslich in psychische Energien verwandelt.

Wie andererseits sämtliche physikalische Energien durch Vermittelung unseres Organismus ununterbrochen in psychische Energien übergehen und dieselben verjüngen, so vollzieht sich umgekehrt eine Erschöpfung psychischer Energien bei ihrem Übergange in physikalische."

„Alle psychische Arbeit äussert sich schliesslich in Gestalt physikalischer Muskelbewegung und Muskeltätigkeiten, welche ihrerseits physikalische Körper des umgebenden Mediums vielfältig in Bewegung versetzen."

Was die Frage nach dem Träger oder dem Milieu dieser psychischen Energie betrifft, so neigt Grot zu der schon mehrfach in der Wissenschaft hervorgetretenen Hypothese von einem imponderablen Äther als mechanisches Substrat der Seelenerscheinungen und der psychischen Energie.

Seine Ansicht entwickelt er weiter dahin, auch psychische Energie sei dem allgemeinen Gesetze der Erhaltung der Energie unterworfen.

Er gelangt auf Grund einer Reihe von Überlegungen zu dem Schlusse, „auf dem festen Boden des Gesetzes von der Erhaltung der Energie bestehe Gleichgewicht und gegenseitiges Umsetzungsvermögen der psychischen und physikalischen Energien in einander".

Nachweisbar sind diese Verwandlungen durch die den Schlaf begleitenden vegetativen Vorgänge, die eine Restitution psychischer und insbesondere schöpferischer Energien bedingen, sowie andererseits durch

gewisse körperliche Zustände im Verlaufe starker psychischer Energiespannungen, wie z. B. Steigerung der Harnabsonderung bei geistiger Anstrengung oder bei intensiver psychischer Anspannung sich steigernden Affekten und Erregungen.

Folgende Schlusssätze, die Grot anführt, bringen seine Anschauungsweise des Gegenstandes mit besonderer Deutlichkeit zum Ausdrucke:

1. Da wir in der Natur nur ein einziges Agens kennen, nämlich unser eigenes „Ich" oder das „Subjekt" als Träger des Bewusstseins und als unmittelbare Quelle unserer psychischen Energie und unserer Seelentätigkeit, so sind wir berechtigt zu der Annahme, jegliches Agens in der Natur oder jegliche Quelle von Energie sei für sich und innerlich eine Art „Ich" oder Subjekt.

2. Bisher nannte man diese Agentien oder Subjekte Seele und die Gesamtheit derselben Geist, welche Begriffe nichts anderes ausdrücken sollten als bestimmte Wirkungs- oder Kräftezentra, welche in bestimmten Energien, Bewegungen, Handlungen zum Ausdrucke gelangen. Wir können diese Namen auch in Zukunft beibehalten, jedoch mit der Betonung, dass es sich hier nicht um die früheren „metaphysischen" Substanzen handelt, sondern nur um eine Art logisch-algebraischer Zeichen als Ausdruck der empirisch erkannten Eigenschaft der Subjekte, „als Quellen bewusster Handlungen und als Träger der hierzu notwendigen Energien aufzutreten".

3. Da unser Subjekt erkennt, dass es nicht durchweg bewusstes Agens sei, sondern gleichzeitig nicht vollständig bewusstes Werkzeug der Tätigkeit, so schreibt es sich ein Soma als solches und zugleich ein Medium der Wirksamkeit, der Welt aber Stoff (Materie) zu und nennt sie Objekt seiner subjektiven Wirkung, seiner (subjektiven) Arbeit.

4. Das Subjekt erkennt aber fernerhin auch, dass es auch selbst als Objekt der Wirkung anderer Agentien erscheint und diese Wirkungen wahrnimmt. Es zerlegt sich daher in ein wirksames Subjekt (Willen) und ein wahrnehmendes Subjekt (Geist und Bewusstsein überhaupt).

5. Wie gross die Stärke unseres Subjektes als Agens, als Wille, d. h. als Träger potentieller Wirkungsenergie sei, entzieht sich der genaueren Bestimmung, wir sind aber genötigt, uns die Summe dieser angehäuften Energie, das Kapital unserer psychischen Energien, aus welchem wir während unseres ganzen Lebens schöpfen, als umgrenzt vorzustellen. Diese Begrenztheit der Gesamtsumme der psychischen Energien ist aber nicht im negativen Sinne entscheidend mit Bezug auf Fragen der Freiheit des Willens und der Unsterblichkeit des persönlichen Bewusstseins, denn als Produkt einer komplizierten Naturevolution vermag der menschliche Organismus so beträchtliche Vorräte potentieller psychischer

Energien in sich zu umfassen, dass sie durch unser ganzes Leben nicht erschöpft werden können und in dem Milieu keine derartig absoluten Gegenwirkungen finden, die sie bei ihrem Übergange in den kinetischen Zustand nicht zu überwinden imstande wären. In diesem Sinne ist der Wille relativ frei und das Subjekt als Agens unerschöpfbar in seiner inneren potentiellen Energie, welche in Arbeit umsetzbar ist nicht nur von aussen, mittelst physikalischer Impulse, sondern auch von innen her — durch das Selbstbewusstsein.

6. Ob nun unser Gesamtvorrat an psychischer potentieller Energie bei Untergang ihres Werkzeuges — des Organismus, d. h. im Augenblicke des Todes völliger Zerstreuung unterliegt, wissen wir heute noch nicht, dürfen aber annehmen, dass, wie jede andere Energie in der Natur aus einem Körper in einen zweiten, d. h. aus einer Wirkungssphäre in eine zweite übergeführt werden kann, es möglich ist, dass auch die psychische Energie, da sie vom Leben nicht völlig erschöpft wird, sich nicht gänzlich auflösen oder in sog. physikalische Energien der zerfallenden Körperelemente (Leiche) übergehen möchte, vielmehr mit allen ihren fundamentalen Eigenschaften (Bewusstsein und Selbstbewusstsein) in eine andere Sphäre, z. B. in die Sphäre des imponderablen Äthers gelangt, welche, wie wir gesehen haben, manchmal auch im Organismus selbst und zwar im Nervensystem desselben als „Wirkungssphäre der psychischen Energie“ angenommen wird.

Ist vielleicht die Seele des Menschen in der früheren Bedeutung dieses Wortes jene ätherische Nervensphäre zusammen mit ihren besonderen psychischen Energien? Wenn Wärmeenergien aus einem Körper in einen zweiten und wenn elektrische Energie durch den Leitungsdraht aus einem Apparat in einen anderen übergeführt wird, so ist a priori nicht zu verstehen, weshalb psychische Energie durch ein ätherisches Medium hindurch nicht in andere Körper oder Räume übertreten könnte. Auf dem Boden der Energetik wird die Lehre von der Unsterblichkeit des persönlichen Bewusstseins vielleicht mit der Zeit eine neue wissenschaftliche Stütze gewinnen.

Wir haben im vorstehenden die wesentlichsten Schlusssätze, Sophismen und Vermutungen Grot's mit Absicht möglichst wortgetreu wiedergegeben, um die bezüglichen Anschauungen dieses Philosophen mit wünschenswerter Genauigkeit zur Darstellung zu bringen.

Wie aus dieser Darstellung nun unschwer zu erkennen, wendet Grot die Grundprinzipien der Energetik auf den Begriff der Seelentätigkeit an, wobei er von der metaphysischen Betrachtungsweise dieser letzteren, und zwar selbst mit Bezug auf den Begriff der Unsterblichkeit der Seele, der Loslösung der Seele vom Körper etc., in keiner Weise abweicht. Im Zusammenhange damit steht die Annahme einer Nerven-

energie als Vermittlerin zwischen psychischer Energie und den übrigen Energien der Aussenwelt.

Es ist wohl überflüssig, diese Lehre hier einer kritischen Wertschätzung zu unterziehen. Überfüllt von willkürlichen Thesen und Auseinandersetzungen stellt sie sich dar als ein Versuch, den Begriff der psychischen Energie als solche zu begründen, und zwar soll letztere, mit einer imponderablen ätherischen Sphäre als mechanisches Substrat oder Träger den übrigen physikalischen Kräften (lediglich als qualitativ höchste unter ihnen) angereiht werden, wobei diese psychische Energie beständigen Verwandlungen in physikalische Kräfte und umgekehrt unterworfen sein soll.

Die schwächste Seite dieser Darstellung liegt, wie leicht einzusehen, darin, dass sie das psychische Prinzip einer rein mechanischen Konstruktion unterordnet, während Psychisches und Physisches zwei ganz incommensurable Dinge vorstellen.

Schon sehr bald nach Veröffentlichung der bezüglichen Schrift von Grot erfuhren seine Darlegungen eine kritische Beurteilung, bei welcher der Versuch Grot's, die psychische Energie den übrigen physikalischen Kräften beizuordnen und ihr Äquivalentverhältnis zu letzteren nachzuweisen, wie zu erwarten, als völlig misslungen erkannt wurde.

Wendet sich die Betrachtung von philosophischem Kalkül und willkürlichen Deduktionen ab, dann ergibt sich vor allem, dass keinerlei Grund vorliegt, in unserem Innen- oder Seelenleben statt einer Energie deren zwei, eine psychische und eine nervöse, anzunehmen. Bei einem derartigen Zugeständnisse würden wir unweigerlich in das bodenlose Gebiet des Parallelismus uns verirren und wären gezwungen anzuerkennen, dass mit der Wirkung psychischer Energie Dank dem Walten irgend einer mystischen Kraft oder zufolge der prästabilierten Harmonie von Leibnitz allemal Hand in Hand gehe eine mit physikalischen Veränderungen des Nervengewebes notwendig verbundene Nervenenergie.

IV.

Psyche und Materialismus.

Dass Bewusstsein nicht als Ergebnis materieller Faktoren auftreten kann, bedarf keines Beweises. Für den bekannten materialistischen Ausspruch: das Gehirn erzeugt Gedanken, wie die Leber Galle, haben ernst denkende Menschen nur ein Lächeln. Und doch haben Vertreter einer gewissen Richtung der modernen Philosophie sich noch nicht ganz von materialistischen Erwägungen über die Entstehung des Bewussten in der Natur zu befreien vermocht, wiewohl dahinzielende Versuche gegenwärtig bei weitem nicht mit dem gleichen Beifalle aufgenommen werden, wie in früheren Zeiten.

Als Paradigma materialistischer Anschauungen der allerneuesten Zeit nennen wir hier die Lehre Hauptmann's,[1]) des bekannten Vertreters der Avenarius'schen Philosophie[2]). Hiernach stellt sich die Psyche dar als etwas Abgeleitetes, als Erscheinung, die von materiellen Vorgängen des Organismus in Abhängigkeit steht; die Entwickelung einer Psyche wird ausschliesslich als Ergebnis einer Anpassung des Organismus an die Milieu-Verhältnisse aufgefasst. Eine solche materialistische Betrachtungsweise kann gegenwärtig wohl kaum auf allgemeine Anerkennung rechnen, insbesondere im Hinblicke auf die Entwickelung des Neovitalismus.

Die Unmöglichkeit, Bewusstsein aus der Materie herzuleiten, ist von Du-Bois Reymond sehr treffend in folgenden Sätzen ausgedrückt worden:

„An irgend einem Punkt der Entwickelung des Lebens auf Erden, den wir nicht kennen, tritt etwas Neues, bis dahin Unerhörtes auf, etwas wiederum, gleich dem Wesen von Materie und Kraft, und gleich der ersten Bewegung, Unbegreifliches. Dies neue Unbegreifliche ist das Bewusstsein. Ich werde jetzt, wie ich glaube, in sehr zwingender Weise dartun, dass nicht allein bei dem heutigen Stande unserer Kenntnisse das Bewusstsein aus seinen materiellen Bedingungen nicht er-

[1]) Hauptmann, Die Metaphysik in der modernen Physiologie. 2. Aufl. 1894. S. 312—313.

[2]) Avenarius, Kritik der reinen Erfahrung. 2 Bde. Leipzig 1888—1890.

klärbar ist, wie wohl jeder zugibt, sondern dass es auch der Natur der Dinge nach aus diesen Bedingungen nie erklärbar sein wird. Die entgegengesetzte Meinung, dass nicht alle Hoffnung aufzugeben sei, das Bewusstsein aus seinen materiellen Bedingungen zu begreifen, dass dies vielmehr im Laufe der Jahrhunderte oder Jahrtausende dem alsdann in ungeahnte Reiche der Erkenntnis vorgedrungenen Menschengeiste wohl gelingen könne: dies ist der zweite Irrtum, den ich hier bekämpfen will."

„Ich gebrauche dabei absichtlich das Wort „Bewusstsein", weil es hier nur um die Tatsache eines geistigen Vorganges irgend einer, sei es der niedersten Art, sich handelt."

„In der Hauptsache ist die erhabenste Seelentätigkeit nicht unbegreiflicher aus materiellen Bedingungen, als das Bewusstsein auf seiner ersten Stufe, der Sinnesempfindung. Mit der ersten Regung von Behagen oder Schmerz, die im Beginn des tierischen Lebens auf Erden ein einfachstes Wesen empfand, oder mit der ersten Wahrnehmung einer Qualität, ist jene unübersteigliche Kluft gesetzt, und die Welt nunmehr doppelt unbegreiflich geworden"[1]).

Nicht minder entschieden äussert sich Griesinger über den gleichen Gegenstand: „Wirkliche Auskunft über das Geschehen in der Seele vermag weder der Materialismus zu geben, der die Seelenvorgänge aus der körperlichen, noch der Spiritualismus, der den Leib aus der Seele erklären will. Wüssten wir auch alles, was im Gehirn bei seiner Tätigkeit vorgeht, könnten wir alle chemischen, elektrischen etc. Prozesse bis in ihr letztes Detail durchschauen — was nützte es? Alle Schwingungen und Vibrationen, alles elektrische und mechanische ist doch immer noch kein Seelenzustand, kein Vorstellen. Wie es zu diesem werden kann — dies Rätsel wird wohl ungelöst bleiben bis ans Ende der Zeiten und ich glaube, wenn heute ein Engel vom Himmel käme und uns alles erklärte, unser Verstand wäre gar nicht fähig, es nur zu begreifen!"[2])

Nach Höfding können physische Ursachen nur physische Folgen haben; Bewusstsein jedoch ist aus physischen Ursachen nicht erklärbar.

So oder ähnlich lautet auch das Urteil anderer Neospiritualisten.

So bemerkt Lopatin[3]): „Dass es eine subjektive Sprache, ein Bewusstsein tatsächlich gibt, ist die unzweifelhafteste von allen uns überhaupt zugänglichen Thatsachen."

[1]) E. Du Bois-Reymond, Über die Grenzen des Naturerkennens. Die sieben Welträtsel. Leipzig 1884. S. 27 und 28.

[2]) Griesinger, a. a. O. S. 6.

[3]) Lopatin, Der Spiritualismus als psychologische Hypothese. Fragen der Philosophie und Psychologie 1897. (Russisch.)

„Dass diese Tatsache eine Ursache hat, ist ebenfalls für jeden unzweifelhaft, der zugibt, dass es in der Welt Dinge ohne Ursache nicht gibt. Physikalische Prozesse aber können, da sie absolut incommensurabel sind mit jener Tatsache, diese Ursache nicht sein. Es muss eine Ursache von ganz besonderer Art sein im Verhältnis zu den Gegenständen und Erscheinungen, die die Physik kennt und die ganz und gar physikalischen Gesetzen unterworfen sind".

Nach Wundt können Seelenvorgänge nicht von körperlichen Vorgängen im Sinne einer kausalen Erklärung jener aus diesen abgeleitet werden. Die Wissenschaft muss daran festhalten, dass die Naturprozesse einen den allgemeinen Gesetzen der Mechanik unterworfenen, streng in sich geschlossenen Kreis von Bewegungen veränderlicher Elemente darstellen. Niemals aber kann aus Bewegung etwas anderes, als immer wieder Bewegung abgeleitet werden, und darum lässt dieser Kreis unserer objektiven Wahrnehmung gegebener Naturprozesse keine Überschreitung seiner Grenzen zu. Alles Psychische kann, wie Wundt weiter bemerkt, nur aus Psychischem wirklich erklärt werden, ebenso wie Bewegung stets nur aus einer anderen Bewegung und keinesfalls aus psychischen Vorgängen hergeleitet werden kann.

In einem ähnlichen Sinn äussern sich viele andere Forscher, und es kann nicht geleugnet werden, dass diese Anschauungen logisch wohl begründet dastehen.

Um in der vorliegenden Frage gewisse logische Schwierigkeiten zu umgehen, haben manche Autoren die Ansicht zu entwickeln versucht, dass physikalische Ursachen nicht nur zu ihnen äquivalenten physikalischen Erscheinungen führen können, sondern zugleich zur Entwickelung gewisser psychischer Vorgänge und zwar ohne irgend welchen Energieverlust. Wentscher geht hierin noch weiter. Er sagt, in den psychischen Kräften haben wir Bedingungen, vermöge welcher im Gehirne kinetische Energie in potentielle und umgekehrt ohne jeden neuen Energie-Aufwand übergeht[1]). Das Irrtümliche dieser Anschauung liegt aber darin, dass hier von Wirkung ohne Energieverlust die Rede ist, eine Vorstellung, die den modernen naturwissenschaftlichen Begriffen strikt zuwiderläuft[2]).

Andere sehen im Bewussten nur eine Begleiterscheinung; der ganze Zyklus der im Gehirn vor sich gehenden Erscheinungen soll von Anfang bis zu Ende im Bereiche materieller Vorgänge sich bewegen, die nur an einem bestimmten Punkte von inneren bezw. bewussten Erscheinungen begleitet werden. Das Bewusste würde danach bloss eine Art unnützes Anhängsel, ein sog. „Epiphänomen" vorstellen, ein Ding also, das zur Entwickelung der Erscheinungen nicht nur nicht nötig, sondern ganz und gar überflüssig ist. Nun gibt es aber bekanntlich in der Natur

keine ganz überflüssigen Dinge, und eine Lehre, die das Psychische als unnütze, überflüssige Sache hinstellen will, widerspricht somit den allerfundamentalsten Begriffen von der uns umgebenden Welt.

Alle Versuche, bei der Erklärung der Wechselbeziehungen zwischen physischen und psychischen Erscheinungen über den Parallelismus hinauszukommen, sind demnach bisher auf unüberwindliche Schwierigkeiten gestossen.

[1]) M. Wentscher, Der psychophysische Parallelismus der Gegenwart. Zeitschr. f. Philosophie. I. 116.

[2]) G. Moskiewicz, Der moderne Parallelismus. Zentralbl. f. Nervenheilk. und Psych. Mai 1901.

V.

Die Rolle der Energie in den psychischen Erscheinungen.

Im vorhergehenden wurde eingehend ausgeführt, dass das Prinzip des psychophysischen Parallelismus nur eine Tatsache oder vielmehr das Endergebnis aus vorhandenen Tatsachen konstatiert, ohne das Problem der Beziehungen zwischen seelischen und körperlichen Verrichtungen auch nur um ein Jota seiner Lösung näher zu bringen. Infolgedessen sind einige Vertreter des Parallelismus auf den monistischen Standpunkt übergegangen und erklären, was ebenfalls wesentlich irrtümlich, Körperliches oder Materielles und Bewusstes für identisch.

An der Idee des Parallelismus, als einer wissenschaftlichen Tatsache festhaltend, stehe ich auf dem Standpunkt, Psychisches und Materielles seien untereinander in dem Grade incommensurabel, dass keinerlei Übergänge zwischen beiden stattfinden können. Wenn beide aber überall und jederzeit parallel miteinander verlaufen, so beruht dies keineswegs auf Identität des von uns, wie einige glauben, nur von zwei verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachteten Materiellen und Bewussten, sondern darauf, dass beide Arten von Erscheinungen aus einer den aktiven Zustand des Milieu bedingenden gemeinschaftlichen Ursache hervorgehen. Diese Ursache finden wir in der Energie als Grundursache des tätigen Zustandes des Milieu. Wenn zwei untereinander incommensurable Reihen von Erscheinungen gänzlich unabhängig voneinander verlaufen, sich untereinander nirgends begegnen und nichtsdestoweniger überall parallel vor sich gehen, so sind wir zu dem logischen Schlusse genötigt, dass beide Reihen von Erscheinungen, die wir in den tätigen Nervenzentren entdecken, d. h. die bewussten und materiellen Vorgänge eine gemeinschaftliche Entstehungsursache haben müssen, die nicht nur eine physikalische Grösse darzustellen hat, sondern auch das Psychische potentiell in sich enthalten muss.

Die Ansicht mancher Forscher, wonach die psychischen Vorgänge an und für sich eine Art besondere Energie darstellen, die gewöhnlich als psychische bezeichnet wird, ist, wie gesagt, unhaltbar, zumal in solchem Falle eine Wechselbeziehung zwischen psychischer Energie und den übrigen physikalischen Energien nicht statuiert werden kann.

Ideen an sich sind nicht, wie Foulié glaubt, Kräfte, sondern sind bloss innere Bilder, hinter denen die sie erzeugende Energie sich verbirgt.

Jene subjektive oder Bewusstseinswelt, welche wir auf dem Wege der Selbstbeobachtung entdecken, stellt also eine Summe von Erscheinungen dar, deren Ursachen in einer unmittelbar nicht erkennbaren Energie als innere Ursache des Tätigkeitszustandes der Zentra wurzeln. Alle sog. psychischen Bilder (Empfindungen, Gefühle, Vorstellungen u. s. w.) sind nur innere Zeichen jener quantitativen Umwandlungen, welchen das Nervengewebe durch Energieerregung bei äusseren Einwirkungen auf unsere Sinnesorgane unterworfen ist.

Desgleichen sind die materiellen Veränderungen, welche wir im Verlaufe psychischer Tätigkeiten in unseren Nervenzentren entdecken, ihrerseits Energieäusserungen, wie überhaupt alle Naturerscheinungen Äusserungen der Wirksamkeit verschiedener Energieformen darstellen. Könnte doch in der Natur keine äussere Erscheinung, kein Naturkörper anders bestehen, als auf Grund einer bestimmten Energieform. Mit anderen Worten, sämtliche Körper oder Erscheinungen der Aussenwelt sind Ausdruck von Energie als Quelle des aktiven Milieuzustandes.

Ebenso verdanken sämtliche innere Tatsachen und Erscheinungen, die wir in uns mittelst Selbstbeobachtung entdecken und alle begleitende materielle Veränderungen der Nervenzentra einer ihnen zugrunde liegenden Energie ihre Entstehung.

In dieser Wechselbeziehung liegt offenbar der Schlüssel für den Parallelismus zwischen psychischen Vorgängen und den in dem Gehirne auftretenden materiellen Veränderungen.

So wird auch die Tatsache begreiflich, dass hochgradige Entwickelung der Geisteskräfte in schöner Gehirnbildung ihren plastischen Ausdruck findet, während materielle Störungen des Gehirns zu Störungen der Geistesfunktionen Anlass geben.

Dass die Erscheinungen des Bewusstseins nichts anderes sind als Ausdruck oder Produkt einer innerlich durch Energie bedingten Zentraltätigkeit und nicht etwas Selbständiges, etwa eine besondere psychische Kraft darstellen, dafür spricht auch der Umstand, dass eine psychische Tätigkeit auch bei Fehlen von Bewusstsein möglich ist, wobei unbewusste psychische Vorgänge nach den gleichen Gesetzen wie bewusste Seelentätigkeiten verlaufen.

Auf der anderen Seite erscheint die Unterscheidung einer besonderen psychischen Energie und einer Nervenenergie für sich, wie dies Grot tut, unhaltbar nicht nur weil jede psychische Tätigkeit schon an und für sich von materiellen Veränderungen in unseren Nervenzentren begleitet wird und wir in diesem Falle gezwungen wären, in der Natur eine parallele Wirkung zweier ihrem Wesen nach verschiedener Energien, für die wir nirgends ein Beispiel finden, uns vorzustellen, sondern auch

aus dem Grunde, weil jene materiellen Vorgänge sich qualitativ nicht voneinander unterscheiden, mag es sich um bewusste oder um unbewusste psychische Vorgänge handeln. Sogar materielle Vorgänge, die in den elementaren Abschnitten des Nervensystemes, beispielsweise in den peripheren Nervenganglien, ablaufen, unterscheiden sich ihrem Wesen nach, d. h. qualitativ, kaum gegenüber den Vorgängen in den höchsten Nervenzentren, in denen unsere Seelentätigkeit konzentriert erscheint.

Wir wissen, dass bewusste Vorgänge beständig in unbewusste übergehen, ohne ihren ursprünglichen Charakter zu verlieren, da die Psyche auch ohne Beteiligung von Bewusstsein nach den gleichen Gesetzen sich äussert, wie bewusste Seelentätigkeiten. Folglich braucht jene eigenartige Bewegung im Nervensystem, die wir Nervenstrom nennen, nicht notwendig von Bewusstsein begleitet zu sein.

Zieht man dasjenige, was über die Verstandestätigkeit tatsächlich bekannt ist, in Erwägung, so wird anzuerkennen sein, dass Bewusstsein nur da auftritt, wo die Tätigkeit der Zentra maximale Spannung erreicht und infolgedessen auch der Nervenstrom am intensivsten ist. Auf der anderen Seite steht grössere oder geringere Energiespannung, wie man annehmen muss, in direkter Abhängigkeit nicht allein von der Kraft der Aussenwirkungen, sondern auch von dem Grade der im Nervensysteme bestehenden Hemmungen. Wie Reibung mit dem Wachsen der Hindernisse immer grössere Wärmemengen hervorbringt, bis schliesslich eine Flamme emporschiesst, so führt die Gehirntätigkeit beim Wachsen der Widerstände im Nervensysteme zum Auftreten subjektiver Erscheinungen, die man mit dem Begriff Bewusstsein umfasst.

Es können also die Äusserungen der Tätigkeit unserer Nervenzentra bewusste oder unbewusste sein. Als Folge dieser Tätigkeits-Äusserungen entwickeln sich materielle Veränderungen in unserem Nervensystem etwa in der Weise, wie ein Draht, wenn er zum Glühen gebracht wird, in seiner inneren Konstitution nicht unverändert bleibt.

Überhaupt liesse sich der ganze Vorgang der psychischen oder Gehirntätigkeit mit einem Verbrennungsprozess vergleichen, der, wenn intensiv, unter starken Lichterscheinungen, wenn schwach, auch ohne solche Erscheinungen verlaufen kann. In direkter Abhängigkeit von der Verbrennungsintensität stehen auch die durch den Vorgang der Verbrennung bedingten Stoffveränderungen. Wie aber nichtsdestoweniger beim Verbrennen die Flamme nicht nur Begleiterscheinung, sondern direkter Ausdruck des Verbrennungsprozesses ist, so ist auch Bewusstsein nicht allein Begleitphänomen bei gewissen Wirkungsverhältnissen der Gehirntätigkeit, sondern unmittelbarer Ausdruck der Energie als innere Ursache des Tätigkeitszustandes der Nervenzentra.

Energie als innere Ursache des Tätigkeitszustandes der Zentra einerseits, psychische Erscheinungen und materielle Prozesse im Gehirne

andererseits befinden sich, wie aus vorstehendem ersichtlich, untereinander im Verhältnisse von Ursache und Wirkung. Da nun alle Seelenvorgänge der nämlichen Quelle, d. h. der Energie im vorerwähnten Sinne, ihre Entstehung verdanken, die in ihrer Erscheinungsweise bestimmten Gesetzen unterworfen ist, so entsteht zwischen jenen selbst das konstante Wechselverhältnis einer bestimmten Successivität, welches wir gewöhnlich den kausalen Wechselbeziehungen an die Seite stellen. Wenn ein Haus durch die Flamme eines Lichtes in Brand gerät, so betrachten wir die Lichtflamme als die Ursache des Brandes, während in Wirklichkeit die Ursache des letzteren von der Wärmeenergie gebildet wird, die sowohl der Lichtflamme als dem Brande des Hauses zugrunde liegt. Genau so liegen die Dinge im Psychischen, wo das eine psychische Bild als Ursache des anderen betrachtet wird, obwohl in Wirklichkeit beides Folge von Energie als innere Ursache des Tätigkeitszustandes der Zentra ist.

Da die subjektiven Erscheinungen allein unserer Selbstbeobachtung zugänglich sind, betrachten wir dieselben als innere Leiter unserer Handlungen und Taten, während die eigentliche Ursache sämtlicher subjektiver Erscheinungen und ebenso die Ursache unserer Handlungen und Taten n der unserer Wahrnehmung nicht unmittelbar zugänglichen Energie im obigen Sinne liegt. Durch die subjektiven Bilder, die sie erzeugt, gewährt diese Energie die Möglichkeit einer qualitativen Wertschätzung der Erscheinungen der Aussenwelt mit bezug auf die subjektiven Bedürfnisse des Organismus, die ebenfalls Energie-Äusserungen sind. In dieser Beziehung spielen die subjektiven Indices die Rolle von Merkzeichen, und hieraus ergibt sich die Möglichkeit einer subjektiven Wertschätzung der Erscheinungen der Aussenwelt und die Möglichkeit einer Auswahl zwischen Angenehmem, Nützlichem und Gutem einerseits und Unangenehmem, Schädlichem oder Gefährlichem andererseits.

Nehmen wir z. B. bedingungsweise an, in diesen oder jenen sensorischen Zentralteilen entwickle sich jener mit dem Mangel bestimmter Nährstoffe zusammenhängende subjektiver Zustand, den wir als „Unbefriedigtsein", „Wunsch" oder dgl. bezeichnen, ein vorhandener Überschuss an Nährmaterial dagegen präge sich in einem subjektiven Zustand aus, den wir in unserer Sprache „Übersättigung" nennen, so wird verständlich, dass Unbefriedigtsein und Wunsch, bedingt durch unzureichende Nahrungszufuhr, mit bestimmten motorischen Impulsen assoziiert sein werden, die zur Ergänzung des fehlenden Materiales in den entsprechenden Teilen führen, während volle Selbstbefriedigung und Übersättigung die entgegengesetzten Folgen (Hemmung der Bewegungen) haben wird. Hierauf gründet sich das Zweckmäfsige in den Handlungen lebender Organismen, jene Zweckmäfsigkeit, welche darin besteht, dass sämtliche Handlungen der Organismen den inneren Organisationsbedürfnissen angepasst sind, welche bei voll entwickeltem

Seelenleben in Gestalt gewisser innerer Zustände, wie Wollen, Wünsche, Trieb oder Unlust, Widerwillen zum Ausdrucke kommen.

Wie gross in unserem Leben die Rolle des Wunsches und Triebes ist, die beide aus Unbefriedigtsein, dem Index ungenügenden Materialverbrauches, sich herleiten, beleuchtet Faminzyn treffend mit folgenden Worten[1]): „Forscht man nach den Zielen unserer bewussten Handlungen oder, mit anderen Worten, nach dem eigentlichen Wesen unseres Seelenlebens, so wird man unschwer bemerken, dasselbe sei durchweg auf Befriedigung uns innewohnender Wünsche gerichtet, die aus unbekannter Quelle herstammend nicht selten trotz des ihnen entgegengesetzten Widerstandes zu schrankenloser Macht über uns gelangen. Die am meisten rücksichtslosen von ihnen, die unser Leben in Gefahr bringen, gehören, wie Hunger oder Durst, zu den niedersten psychischen Bedürfnissen". „Gipfelt unser ganzes Leben in dem Triebe nach Befriedigung der uns gegen unseren Willen anhaftenden Wünsche, die oft genug in unabweisliche Bedürfnisse übergehen, so wurzelt auch die Frage nach Wesen und Bedeutung unseres Lebens in der Frage nach Entstehung und Wesen unserer Wünsche, die uns vom Augenblicke der Geburt bis zum Aufhören des Lebens, wo der für die Vorstellung des lebenden Menschen schreckliche Zustand der „ewigen Ruhe" eintritt, nicht verlassen."

Im Hinblicke auf die obigen Darlegungen sollte man meinen, dass die Psychologie als Wissenschaft sich nicht auf Betrachtung der bewussten Erscheinungen als solche beschränken darf. Vielmehr wird sie notwendigerweise die physikalischen Veränderungen des Nervensystems, sowie die objektiven Psycheäusserungen im Zusammenhange mit den Aussenwirkungen zu betrachten haben, um so die Grundlage einer Psychobiologie und physiologischen Psychologie zu schaffen[2]).

Da wir bekanntlich nur das Ergebnis der zentralen Tätigkeit in Gestalt innerer Bilder erkennen, bemerken wir bei komplizierter geistiger Tätigkeit nur allein die Endergebnisse der Geistesarbeit; ihr Ursprung bleibt uns gewöhnlich verborgen. Im Verlaufe einer Rede verfolgt der Redner nur den allgemeinen Faden des Vortrages, ohne ein bestimmtes Bewusstsein zu haben, wie in seinem Gehirn die Gedanken entstehen. Auch der Schriftsteller leitet, während er schöpferisch tätig ist, nur den allgemeinen Gang seiner Gedanken, die im übrigen aus den Tiefen des sog. Unbewussten emporsteigen. Wenn wir zusammengesetzte Bewegungen irgend welcher Art ausführen, bemerken wir immer nur den Endeffekt unserer Bewegungen, also bereits fertige

[1]) Faminzyn, Die moderne Naturwissenschaft und die Psychologie. S. 134 ff.

[2]) W. Bechterew, Die objektive Psychologie und ihr Gegenstand. Vêstn. psicholog. 1905, H. 1—2. Revue scientifique 1906. — Vgl. auch W. Bechterew, Die Begründung der objektiven Psychologie. Vêstn. psicholog. 1907.

Handlungen, welche, nachdem wir sie erkannt haben, unseren weiteren Bewegungen zur Richtschnur dienen können. Die anfängliche Entstehung dieser Bewegungen aber wird von uns nicht wahrgenommen, sie bleibt vielmehr im Gebiete des Unbewussten.

Welchen geistigen Vorgang, und sei es der elementare psychische Akt der Bildung einer Empfindung, wir auch als Beispiel nehmen, immer begegnen wir der Tatsache, dass der Urquell der geistigen Bilder selbst, der in der Energie als Innenursache der zentralen Tätigkeit zu suchen ist, für uns unerkennbar bleibt, und dass wir geistige Bilder nur als eine subjektive Äusserung der zentralen Tätigkeiten bewusst wahrnehmen. Dies beweist, dass bewusste Bilder nicht Primärerscheinungen, sondern Produkte zentraler Tätigkeit und somit Folgeerscheinungen der hinter dieser Tätigkeit sich verbergenden uns unmittelbar nicht erkennbaren Energie sind.

Die ursprüngliche Quelle der Energie ist ohne Zweifel in gewissen äusseren Einflüssen auf unsere Sinneswerkzeuge, aber auch in bestimmten inneren Wirkungen, die durch Vorgänge der Ernährung und des Gewebschemismus bedingt erscheinen, zu suchen. Jede physikalische Einwirkung auf unseren Organismus, sowie die chemischen Prozesse in den Geweben sind Quellen von Energie auf Grund des Gesetzes der Verwandlung der sog. physikalischen Energie; denn die Energie der Zentra muss sich in einem strengen Äquivalentverhältnis zu allen anderen Energieformen der Aussenwelt befinden, indem diese bei den Aussenwirkungen auf den Organismus fortwährend in Energie der Nervenzentra übergeführt werden. In den Nervenzentren häufen sich so dauernde Energievorräte, deren von Zeit zu Zeit erfolgende Entladungen sich in physikalisch-chemischen Vorgängen der Nervenzentra, begleitet von subjektiven Erlebnissen, äussern und das Muskelsystem unseres Körpers in tätigen Zustand versetzen. So geht die Energie der Zentra teils in mechanische Arbeit über, während sie teilweise gleich den übrigen Naturenergien in Wärme oder in molekulare Bewegungen umgesetzt wird.

Somit haben wir in den psychischen Tätigkeiten ein beständiges Freiwerden der Energievorräte, die von den Zentren im Laufe des Lebens angehäuft wurden. Wie der Funke das Pulver entzündet, so lassen die Nervenzellen nach irgend einem Anstoss, den sie von aussen her erhalten, ihre Reserveenergie frei werden und regen die Muskeln und Drüsen zur Tätigkeit an, die auch ihrerseits mit Energievorräten versehen sind. Die Energie der Zentra häuft sich in ihnen, wie wir sahen, auf Grund ununterbrochener Aussenwirkungen und erscheint in ähnlicher Weise als Wirkung äusserer Energie auf unseren Organismus, wie die von dem Chlorophyll des Pflanzenblattes aufgenommenen Sonnenstrahlen in Wärmevorräte übergehen.

Es besteht also im eigentlichen Sinn des Wortes eine Ladung des Nervensystemes mit ungeheuren Energiemassen, die sich in chemisch ausserordentlich komplizierten Nervenelementen verbergen. Diese Ladung geht von Geburt an während des ganzen Lebens von statten, und im Maße der Ladung erfolgen während der ganzen Dauer des Lebens fast ununterbrochen Entladungen, immer jedoch unter Zurücklassung grosser Mengen von Reserveenergie in den Nervenzentren.

VI.

Das Gesetz der Energieerhaltung in Anwendung auf das Psychische.

Versuche, das psychische Leben dem Gesetze der Erhaltung der Energie unterzuordnen, sind schon wiederholt gemacht worden; da jedoch bisher eine Anwendung dieses Energiegesetzes auf die eigentliche Bewusstseinstätigkeit angestrebt wurde, so mussten alle dahinzielenden Versuche naturgemäfs erfolglos bleiben.

Beispielsweise gehören hierher die im obigen erwähnten Untersuchungen von Grot. Er spricht von einer psychischen Kraft oder Energie im Zustande der Aktivität und der Latenz und kommt mit Hilfe solcher und anderer Erwägungen zu dem Ergebnis, physikalische Energien seien imstande sich in psychische Energie und diese umgekehrt in jene zu verwandeln; andererseits unterliege die Umsetzung physikalischer Energien in psychische und dieser in jene dem Gesetze der Erhaltung der Energie. Dieser Versuch bedarf kaum einer besonderen Erörterung. Es genüge zu bemerken, dass bei Grot von einem Latenzzustande der Seele überhaupt die Rede ist.

„Wo befanden sich die Geisteskräfte eines Newton, Goethe, Kant in den Tagen ihres zarten Kindesalters? Da diese Kräfte ihnen nicht später von aussen gekommen sein können, so müssen wir annehmen, dass sie von Anbeginn an in der „Lebenskraft" jener Geistesheroen sich in einem gespannten Latenzzustande befunden haben müssen" [1]).

Dieser Passus lässt deutlich jene bekannte Lehre von der angeborenen Urteilsfähigkeit durchblicken, welche gegenwärtig, wie wir wissen, jede wissenschaftliche Bedeutung verloren hat.

Ganz analoge Versuche sind übrigens auch schon vor Grot gemacht worden. Bekanntlich suchte schon Fechner den Zusammenhang zwischen Geist und Körper mit Hilfe des Gesetzes von der Erhaltung der Energie zu erklären. Seiner Darstellung zufolge besitzt unser Geist ein chemisches, ein mechanisches und ein thermisches Äquivalent. Wenn z. B. die er-

[1]) N. Grot, Über die Seele in Verbindung mit den modernen Lehren von der Kraft. 1886.

hobene Hand im Verlaufe irgend einer Seelentätigkeit herabsinkt, so findet nach Ansicht von Fechner jene Kraft, welche vorher den Arm hoch hielt, nunmehr zur Stütze eines Denkvorganges Verwendung.

Aus neuerer Zeit liegt über die uns hier beschäftigende Frage eine Untersuchung von Krainski vor[1]), deren Ergebnisse in folgenden Sätzen ausgedrückt werden können.

„Gewöhnt, in der Physik die Ursache jeder Erscheinung uns als „Kraft" vorzustellen, sind wir genötigt, auch unsere Seelentätigkeit, die Quelle unseres Tuns und Lassens, ebenfalls als Kraft zu bestimmen, und da Kraft eine Form der allgemeinen Energie ist, so muss das Gesetz der Erhaltung der Energie und das Prinzip ihres Äquivalentverhältnisses zu den übrigen Formen der Weltenergie auch auf die psychische Energie voll und ganz Anwendung finden. Anderenfalls wären wir gezwungen, gleich den Spiritualisten eine besondere „Substanz" für unsere Seele in Anspruch zu nehmen".

„Ursache alles unseres Tuns ist unzweifelhaft der psychische Impuls, den wir vom physikalischen Standpunkte aus nicht anders betrachten können, denn als „Kraft", als erstes Glied in der Kette weiterer ununterbrochener Verwandlung derselben nach dem Gesetze der Erhaltung der Kraft. Andererseits sagt uns das gleiche Gesetz, als Quelle von Kraft — ex nihilo nihil fit — könne nichts anderes als wiederum Kraft auftreten. Sind wir aber genötigt, das Dasein eines „psychischen Impulses" als Ursache der Tätigkeit eines lebenden Wesens anzusehen, so müssen wir auch eine andere Kraftquelle, eine andere Energieform annehmen, die nach dem Prinzipe der Äquivalentverhältnisse sich in psychischen Impuls umsetzt".

Man wird aber nicht die Seelentätigkeit als Kraft anzusehen haben, sondern von der Annahme einer besonderen Energie ausgehen, welche der Seelentätigkeit zugrunde liegt.

Grossen Schwierigkeiten begegnen auch die weiteren Darlegungen des Autors: „Wir haben", schreibt er, „bisher eine genügende Anzahl von Tatsachen beigebracht, welche die Unmöglichkeit dartun, „psychische Energie" von physikalisch-chemischen Prozessen, die ausschliesslich im Gehirne Platz greifen, abzuleiten. Die ungemein innige Abhängigkeit unseres Seelenlebens von jenen Erscheinungen der Aussennatur, mit welchen wir durch Vermittelung unserer Sinneswerkzeuge in Verkehr treten, zwingt uns unabweislich, in äusseren Reizen die einzige

[1]) N. W. Krainski, Das Gesetz von der Erhaltung der Energie in seiner Anwendung auf die Seelentätigkeit des Menschen. Charkow 1897. — Über den gleichen Gegenstand handelt ein Vortrag von P. J. Sukacev (Verhdl. d. I. Kongresses Russ. Psychiater, St. Petersburg 1887, S. 924—925), der übrigens mit Recht angegriffen wurde.

Quelle und das Grundelement unseres anscheinend so reichen und vielgestaltigen Seelenlebens zu erblicken".

„Es bilden also Vorstellungen die Grundlage unserer gesamten psychischen Tätigkeit, und die Grundlage der Vorstellung wird gebildet durch den äusseren Reiz. In letzterem haben wir demnach zu suchen die Quelle des Gedankens, des Seelenlebens, der psychischen Energie, unseres „Ich".

„Wir gelangen so zu dem wichtigsten Fundamentalgesetz der Psychologie, welches besagt: einziges Ursprungselement unseres Seelenlebens sind Aussenreize, welche in unserem Gehirne zu Vorstellungen verarbeitet werden".

In einer späteren Mitteilung erklärt derselbe Autor kategorisch: „In den Aussenzeizen sehe ich die einzige Quelle der psychischen Kraft, deren Form unser „Ich" ist, und in den peripheren Sinnesorganen Einrichtungen, die die verschiedenen Energiearten aufnehmen und vielleicht in psychische Energie umbilden". — An dem Bestehen eines genauen Gleichgewichtes zwischen motorischem Impuls und Aussenreiz festhaltend, bemerkt er ferner: „Den Hauptschlüssel zur Lösung der Aufgabe finde ich in einer Zurückführung des Gedächtnisses auf das Weber-Fechner'sche logarithmische Gesetz, sowie in dem Satze, dass unsere Vorstellungen in der Gehirnrinde potentiell (wahrscheinlich in Form komplizierter chemischer Verbindungen) sich erhalten können. Diese Körper können sich unter Freiwerden der absorbierten chemischen Energie zersetzen, die in lebendige psychische Kraft umgewandelt, von neuem erlebt und in unserer Seele in Gestalt bewusster Erinnerungsbilder empfunden wird. Die Annahme zweier Arten psychischer Energie, einer lebendigen und latenten — wobei unser „Ich" als aktive, nicht als potentielle Form zu definieren ist — bildet die wesentliche Grundlage aller meiner Untersuchungen." [1])

Mit Bezug auf diese Darlegungen wäre zunächst zu bemerken, dass ihr Autor, von der Annahme einer besonderen „psychischen Energie" ausgehend, naturgemäfs zu dem Satze gelangen muss, dass nur Einflüsse der umgebenden Natur auf unsere Sinneswerkzeuge in Gestalt von Bewegung Ursprungsquelle „psychischer Energie" sind, und zwar indem physikalische Energien der Umgebung sich in solche Energie verwandeln. Nun aber erfolgen in den Sinnesorganen physikalisch-chemische Prozesse unter dem Einflusse äusserer Agentien. Es fragt sich, wie wäre es in diesem Falle zu erklären, dass ganz die nämlichen oder doch ähnliche physikalisch-chemische Vorgänge im Körperinnern nicht zu einer Umsetzung der Energie der Zentra bezw. zum Auftreten subjektiver Vorgänge führen?

[1]) Festschrift für W. Bechterew. St. Petersburg 1903, S. 131.

Es liegt also auf der Hand, dass obige Darstellung die Energie der Substanz unserer Nervenzellen, welche denselben mit der Organismusernährung zufliesst, sodann aber auch jene Energie, welche bei den inneren Prozessen verbraucht wird, gänzlich ignoriert und solchergestalt die ganze Tätigkeit der Neurone als nur durch äussere Einflüsse bedingt hinstellt. Weder die wirkliche Grösse der von den Nervenzellen aufgenommenen, noch der von ihnen verbrauchten Energie findet also in jener Dastellung irgend eine Beleuchtung, und deshalb bleibt in derselben auch die Anwendung des Äquivalentgesetzes nicht nur auf die psychischen, sondern sogar auf die rein nervösen Erscheinungen unerörtert.

Fernerhin erscheint es kaum begründet, die Bedeutung der Erblichkeit als aktives Moment bei der Entwickelung der geistigen Kräfte in Abrede zu stellen, wie dies von Krainski in seiner vorhin angeführten Schrift versucht wird. Wird doch der Einfluss von Erblichkeit auf den Grad der Geistesfähigkeiten heutzutage von der Mehrzahl der Biologen entschieden hervorgehoben. So äussert sich beispielsweise Danilewsky über diesen Gegenstand[1]):

„Es versteht sich von selbst, dass Umfang und Inhalt der Seelentätigkeit vor allem durch angeborene psychophysische Organisation bestimmt wird, welcher zufolge bei dem Menschen auch bei verhältnismäfsiger Einförmigkeit der äusseren Einwirkungen eine intensive psychische Tätigkeit zur Entfaltung gelangen kann. Der Aussenreiz dient als Stimulus zur Verarbeitung reicher Vorräte potentieller Energie in die „lebendige Kraft“ der Psyche, vor allem im Gebiete der Empfindungen, Gefühle, Wünsche, Triebe usw. Was jedoch die Sphäre der reinen Erkenntnis betrifft, so liegt die Abhängigkeit derselben von der Tätigkeit der Sinnesorgane klar zu Tage: Reichtum und Mannigfaltigkeit jener ist direkt proportional dieser“.

Krainski leugnet die Möglichkeit einer Beeinflussung intensiver Seelentätigkeit durch erbliche psychophysische Organisation auch bei verhältnismäfsig schwachen und einförmigen Aussenreizen. Noch weniger anerkennt er die Möglichkeit erblicher Übertragung seiner „psychischen Energie“ in potentiellem Zustande.

„Von einem derartigen Standpunkte aus“, schreibt er, „müssen wir unweigerlich zu einem Schlusse kommen, wie ihn Grot mit Bezug auf das ursprünglich latente Genie eines Goethe oder Newton zum Ausdrucke bringt. Woher kommt denn diese latente Energie, die doch aus dem Nichts nicht entstanden sein kann, wenn nicht etwa durch erbliche Anhäufung, die hier unmöglich in Frage kommt, da wir ja mit einem fertigen Wissensschatz nicht geboren werden“.

[1]) W. Danilewski, Seele und Natur. 1897.

Hobbes hat Recht, wenn er sagt: „nihil est in intellectu, quod non prius fuerit in sensu".

Es ist gewiss, dass die Anschauungen Grot's einer ernsten Kritik nicht Stand halten, und andererseits wird niemand die Ansichten von Hobbes bestreiten wollen. Gegenwärtig gibt es wohl keine Psychologen mehr, die an der Existenz angeborener Ideen festhalten. Aber ebenso gering ist die Zahl derjenigen, die den Einfluss der Erblichkeit auf Entwickelung, Stärke und Richtung des Geistes zu leugnen versuchen wollten. Die Erblichkeit vieler Talente ist bekanntlich eine völlig unbestreitbare Tatsache. Andererseits bezeugt uns die Pathologie zur Evidenz, dass unter ungünstigen Erblichkeitsverhältnissen, ungeachtet guter Beispiele und sorgfältiger Erziehung, nicht selten moralische Krüppel zur Entwickelung kommen, die in auffallendem Widerspruche zu den Bedingungen ihrer Erziehung sich befinden.

Als Psychiater wird Krainski selbst die Bedeutung der Erblichkeit nicht leugnen können, doch glaubt er den Einfluss derselben wesentlich einschränken zu sollen.

„Wenn wir", schreibt er, „die Psyche des Neugeborenen als Tabula rasa erklären, so leugnen wir hierdurch noch lange nicht den Wert erblicher Beeinflussung. Denn alles hängt nicht nur ab von äusseren Reizen und deren Kombinationen, sondern auch von den Eigenschaften jener Tabula rasa selbst. Ein und derselbe Lichtstrahl gibt auf zwei photographischen Platten verschiedene Bilder je nach Eigenschaft und Empfindlichkeit der Platten".

Indessen wird es gegenwärtig schwerlich begründet erscheinen, die Bedeutung der Erblichkeit bis zu einem Grade einzuengen, bei welchem sie nur einer guten oder schlechten Platte vergleichbar wäre, auf der durch blosse Wirkung äusserer Reize Bilder hervorgerufen werden. Man sollte meinen, auch die physikalisch-chemischen Ernährungsvorgänge im Körper und speziell auch in dem Nervengewebe sind der Bildung von Reserveenergie in den Zentralteilen förderlich. Freilich ist der Vorgang nicht von Ideen begleitet, aber er entbehrt auch nicht der Subjektivität, sofern er seinen Ausdruck findet in der allgemeinen Gemütsverfassung oder Stimmung, welche gleich den Gefühlen wesentlich bestimmend ist für unsere Bewegungen, für unser Handeln und für die Richtung unserer Denktätigkeit. Nehmen wir nun an, es unterliege tatsächlich keinem Zweifel, dass Erblichkeit nicht allein die Architektonik der Nervenelemente, der inneren Gehirnverbindungen, also den Aufbau eines gegebenen Nervenmechanismus bedinge, sondern auch bestimmend sei für die Ernährungsverhältnisse des Nervengewebes, von welchem in Abhängigkeit steht die zukünftige Bildung von Reserveenergie in den Zentren bei den beständigen chemisch-physikalischen Umsetzungen in denselben und gleichzeitig der Grad der Empfindlichkeit der Sinnes-

organe: so wird das Moment der Erblichkeit hierdurch von weitgehender Bedeutung für Charakter und Geistesstärke des Individuums.

Bei Anhäufung ausreichender Energievorräte in unter günstigen Ernährungsbedingungen stehenden Nervenzentren genügt schon ein schwacher Reiz auf das energieschwangere Hirn, um, gleich einem zündenden Funken, einen überaus intensiven und ausgiebigen Effekt in Gestalt mannigfaltiger Seelenvorgänge auszulösen.

Schon die Qualität der dem Gehirn mit dem Blutplasma zugeführten Stoffe ist von nicht geringem Einflusse auf die Energieanhäufung in den Zentren, wie dies durch zahlreiche Beispiele aus dem Gebiete der Pathologie sich beweisen lässt. Es tritt also der Einfluss der Erblichkeit nicht nur zu Tage mit Bezug auf die Architektonik des Nervenmechanismus allein, sondern ebenso mit Bezug auf die Ernährungsbedingungen desselben, sowie endlich mit Bezug auf die Qualität der zum Gehirne gelangenden Zufuhrstoffe, die ihrerseits von den jeweilig bestehenden allgemeinen Organisationsverhältnissen und von den Ernährungsbedingungen des Organismus in Abhängigkeit steht.

Noch mehr Schwierigkeiten aber ergeben sich aus dem Umstande, dass Krainski in seiner vorhin zitierten Abhandlung unter dem Begriffe „psychische Energie“ Bewustseinsvorgänge in Gestalt von Empfindungen und Vorstellungen verstanden wissen will, während doch Physikalisches, wie für Jedermann ersichtlich, auf dem Wege der Umwandlung immer nur Physikalisches und nirgends Psychisches oder Bewusstes hervorbringen kann. Wir begegnen hier also wieder jenem unlösbaren Rätsel der Verwandlung von Physischem in Bewusstes und von Bewusstem in Physisches, von dem im früheren bereits die Rede war [1]).

„Es ist unmöglich“, bemerkt mit vollem Recht Danilewski. „von einer Verwandlung „psychischer“ Energie in physikalische zu sprechen, da wir sonst gezwungen sind, erstere uns als etwas Substantielles vorzustellen“.

Diese Schwierigkeiten können, wie schon erwähnt, nicht anders umgangen werden als durch die Annahme, es liege kein Grund vor, unser Seelenleben als eine besondere „psychische Energie“ aufzufassen.

[1]) In einer späteren Abhandlung („Das Gedächtnis vom Standpunkte der psychischen Energie“, Festschr. f. Bechterew, St. Petersburg 1903) hält der Verf. seine früheren Aufstellungen in vollem Umfange aufrecht, wobei er sie auf das Gebiet des Gedächtnisses ausdehnt. Das Erscheinen der Arbeit in meiner Festschrift als eine grosse Ehrung anerkennend, muss ich dennoch den prinzipiellen Gegensatz derselben zu meinem Standpunkt hervorheben. Während Verf. eine psychische Energie annimmt, die ganz abseits vom Gehirn steht, und in diesem bloss ein einfaches Werkzeug ihrer Betätigung findet, zugleich aber auch von den Lebensvorgängen vollkommen scharf abgegrenzt ist (S. 131), führt mein Standpunkt, wie sich aus dem folgenden ergeben wird, zu einem vollkommenen Zusammengehen zwischen Psyche und Leben.

Wenn Krainski hinwiederum das Umsetzungsprodukt der „psychischen Energie“ in einer entlang den Nervenfasern sich fortpflanzenden „Nervenkraft“ erblickt, so müssen offenbar auch die physikalisch-chemischen Energien nicht direkt in „psychische Energie“ übergehen, sondern zunächst in „Nervenkraft“, die nicht nur den zentrifugalen, sondern auch den zentripetalen Leitungen zukommt, und dann erst muss die Verwandlung von „Nervenkraft“ in „psychische Energie“ vor sich gehen.

Hier finden wir also, wie in den Darstellungen Grot's, wiederum zwei neue Energien, „Nervenkraft“ und „psychische Energie“, von denen jede in Bezug auf die andere als incommensurable Grösse sich darstellt, und nichtsdestoweniger sollen beide Kräfte oder Energien beständig ineinander übergehen.

Im Leben der Psyche haben wir es, wie oben bereits erörtert wurde, nicht mit „psychischer Energie“ zu tun, sondern mit subjektiven Erscheinungen, deren Ursache in Energie zu suchen ist, welche auch die mit den subjektiven Vorgängen parallel gehenden materiellen Veränderungen des Gehirnes bedingt und die wir bedingungsweise, ohne das Wesen der Sache zu berühren, neuro-psychische Energie — als Äusserung rein nervöser sowohl, wie auch psychischer Prozesse — nennen können.

Unsere Vorräte solcher Energie häufen sich teils durch Umwandlung der an der Ernährung überhaupt und an der Ernährung des Gehirnes insbesondere beteiligten physikalischen Energien, teils auf dem Wege der Umsetzung jener physikalischen Energien, die von aussen her auf unsere Sinneswerkzeuge einwirken.

In beiden Fällen ist der Übergang physikalischer Energien in neuro-psychische Energie, gleich den Entladungen dieser Energien, begleitet von gewissen subjektiven Erscheinungen des Bewusstseins; im ersten Fall sind dies unklare Allgemeingefühle, die, indem sie sich summieren, schliesslich den sog. allgemeinen Gefühlston oder die Gemütsstimmung ergeben, im zweiten ausser Allgemeingefühlen lokalisierte Empfindungen, die je nach dem Sinnesorgane, auf welches jene physikalischen Energien einwirkten und je nach der Art der äusseren Reize qualitativ variieren.

Doch muss bei der Anwendung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie auf das Psychische offenbar nicht das Verhalten der Intensität der Aussenreize zu den subjektiven Zuständen (Empfindungen und Vorstellungen) in Betracht gezogen werden, wie dies früher geschah und vielfach noch jetzt geschieht, sondern das Verhalten der Aussenreize, d. h. der von aussen her verbrauchten Energie zu der Entwickelung jener Energie, welche in den Nervenzentren einerseits zum Auftreten eines Nervenstromes, andererseits zur Entwickelung subjektiver Zustände

Anlass gibt und welche durch die Grösse der geleisteten physikalisch-chemischen mechanischen Arbeit gemessen werden kann.

Da die Einwirkung der Energien des umgebenden Milieu auf den Organismus bei Umsetzung derselben in neuro-psychische Energie zur Entstehung bestimmter subjektiver Zustände in dem Organismus (Gefühle, Empfindungen) führt, so erfolgen diese subjektiven Zustände offenbar unter grösserer oder geringerer Energieentwickelung, während Bewegung und Muskeltätigkeit überhaupt mit Energieverbrauch und Umsetzung in physikalisch-chemische Muskelarbeit verbunden sind.

Dank dem Bewegungsvermögen der Organismen unterliegt die durch Umwandlung von Energien der umgebenden Natur entstandene Energie der Zentra selbst einer beständigen Umsetzung in andere Energieformen und besonders in mechanische (Massen- oder Molekular-) Arbeit.

Was die quantitativen Verhältnisse bei dem Übergang äusserer Energien in neuro-psychische Energie der Zentra, mit anderen Worten die Grösse des Äquivalentes zwischen dieser und den übrigen Energien betrifft, so ist dies eine Frage, deren Lösung der Zukunft vorbehalten bleibt. Wir können vorläufig nur sagen, dass an der Möglichkeit einer genauen und zutreffenden Lösung dieser Frage um so weniger gezweifelt werden darf, als die nicht minder schwierige Frage nach der Schwankungshäufigkeit der Nervenerregung anscheinend bereits ihre Lösung gefunden hat.

Gleich den übrigen Naturenergien ist die neuro-psychische Energie der Zentra von dem Milieu untrennbar. Infolgedessen gibt es überall da, wo solche Energie zu Tage tritt, notwendigerweise materielle Veränderungen, die physiologisch entdeckt werden können. Andererseits können aber auch Veränderungen des Nervengewebes nicht umhin, auf Erscheinungsweise und Bewegung der neuro-psychischen Energie Einfluss zu üben, wofür uns die alltägliche Beobachtung im Gebiete der Neuro- und Psychopathologie immer wieder neue Beweise liefert.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die neuro-psychische Energie mit lebenden Zellen erblich übertragen wird und in den Embryonalelementen alle günstigen Vorbedingungen zu weiterer Anhäufung und somit auch zu späterer Entwickelung eines von den Eltern unabhängigen psychischen Lebens erhält.

Bei dem Tode des Organismus hinwiederum geht die neuro-psychische Energie nach dem Äquivalentgesetz in andere Naturenergien über.

Auf den beständigen wechselseitigen Beziehungen zwischen neuro-psychischer Energie und den übrigen Naturenergien, in welche sie fortwährend übergeht und welche ihrerseits wiederum in jene umgesetzt werden, beruht die Aufstellung des Begriffes einer einheitlichen Weltenergie, welche in verschiedenen Formen auftritt, von denen eine als

neuro-psychische Energie nur in organisierten Körpern die ihrer Wirksamkeit günstigen Vorbedingungen findet.

Auch die Welt des Subjektiven erscheint demnach als Äusserung einer allgemeinen Weltenergie, welche durch Umsetzung jener neuro-psychischen Energie die Selbstbestimmungskraft der Organismen mit ihren zweckmäfsigen Rückwirkungen auf die umgebende Welt hervorbringt. Die ganze Mannigfaltigkeit der Aussen- und Innenwelt beruht auf vielfältigen Umwandlungen jener einheitlichen Weltenergie, deren einzelne Formen wir Lichtenergie, Wärmeenergie, elektrische Energie usw. nennen und die in besonderer Erscheinungsweise als neuro-psychische Energie sich darstellt.

In lebenden Organismen hervortretend entsteht diese Energie, wie schon früher erwähnt wurde, durch Umsetzung aus anderen Naturenergien, die auf die Körperperipherie und unmittelbar auf die Innenvorgänge des Organismus als Licht, Wärme, Elekrizität, chemische Umwandlungen und mechanische Reize einwirken. Hinwiederum wird der mittels beständiger Umsetzungen entstandene Energievorrat auf dem Wege rückwärtiger Metamorphosen in mechanische Muskelkraft, Wärme, Elektrizität, Gewebschemismus fortwährend für die verschiedenen Bedürfnisse des Organismus verbraucht. So geht im Verlaufe des individuellen Lebens eine fortwährende Energieaufstapelung mit beständigem, bald wachsendem, bald sinkendem Energieverbrauche Hand in Hand.

Bis zu einer bestimmten Altersstufe überwiegt dabei der Vorgang der Energieanhäufung im ganzen über den des Energieverbrauches, was zur Folge hat, dass in den Zentralorganen ein dauernder Energievorrat auftritt. Auf diesem Energievorrat beruht offenbar das beständige Streben der Organismen nach Entwickelung und Vervollkommnung. Aus dem beständigen Energievorrate erwächst auch das Vermögen der Willensvorgänge. Wie unter den toten Naturkörpern ein geringfügiger Stoss ausreicht, um bei vorhandenem Energievorrate gewaltige Felsmassen zu stürzen, so kann auch in den Nervenzentren organisierter Wesen ein minimaler äusserer Reiz andauerndes Freiwerden von neuro-psychischer Energie in Gestalt ganzer Reihen zusammengesetzter und mannigfaltiger Handlungen nach sich ziehen.

Bei den höheren Tieren erscheint als Träger der neuro-psychischen Energie das Nervensystem als ganzes, doch berechtigen Tierversuche und pathologische Beobachtungen am Menschen zu der Annahme, dass nicht alle Abschnitte des Nervensystems bewusste Tätigkeiten hervorbringen können. Dieses Vermögen erscheint, wie schon erwähnt, wesentlich an die höchsten Stätten des Nervensystems, also an das Gehirn gebunden.

Nur im Gehirn liegen bei den höheren Tieren Verhältnisse vor, die einen zum Auftreten einer Bewusstseinstätigkeit notwendigen Grad

von Energiespannung begünstigen. Diese günstigen Bedingungen darf man sich als Momente vorstellen, welche die Energiebewegung hemmen und den tieferen Zentren nicht in dem gleichen Grade zukommen. Manches weist indessen darauf hin, dass auch die niedersten Zentren des Nervensystems ursprünglich bezw. in ihrer Phylogenese Entwickelungsstätten von Bewusstsein waren, welches hier erlosch, seitdem infolge häufiger Wiederholung eines und desselben Vorganges und infolge entsprechender Anpassung der Energiestrom aufhörte, jenen Hemmungen zu begegnen, die früher seine Bewegungen beeinflusst hatten.

Alles nähere über diese Verhältnisse ist bereits in meiner unlängst erschienenen besonderen Arbeit [1]) ausführlicher dargelegt worden.

In der Natur unserer Nervenzentra selbst wurzeln offenbar Bedingungen, welche geeignet sind, die Energiebewegung in steigendem Grade zu fördern. Deshalb wird jede zusammengesetzte Bewegung, die eine stärkere Anspannung der Geisteskräfte erfordert, uns, wenn wir sie genügend oft wiederholen, immer geläufiger und schliesslich ohne besondere Mühe erfüllbar. Gleichzeitig mit dieser Erleichterung der Energiebeweglichkeit erfolgt ein Erlöschen des Bewusstseins, ohne dass jedoch der eigentliche Charakter des Vorganges dabei eine Störung erleidet.

Diese Erscheinung beruht wohl darauf, dass die Energiebewegung in den Nervenzellen einen gesteigerten Stoffumsatz unterhält und damit das Wachstum der Nervenzelle und der daraus entspringenden Nervenfaser befördert; es kommt so zur Verlängerung der Endverästelungen der Fasern unter ausgiebigerer Berührung derselben mit den Nervenzellen des nächstangrenzenden Neurons, was einen Hinwegfall der Hindernisse, die der Energieanhäufung in dem betreffenden Neuron entgegenwirken, zur Folge hat

Alles dies spricht nun entschieden dafür, dass die unbewusst arbeitenden Teile des Nervensystemes des Menschen ursprünglich, d. h. auf phylogenetischen Frühstufen, psychisch tätig waren und sind. Aber ihre elementare psychische Tätigkeit ist entsprechend dem komplizierteren Aufbau des zu höheren Formen differenzierten Organismus längst erloschen, seitdem die Energieleitung infolge beständiger Übung eine entsprechende Erleichterung erfahren hat. Gewisse Teile des Nervensystems hinwiederum, wie die peripheren Nervenganglien, welche bei den höheren Tieren und bei dem Menschen kein psychisches Vermögen besitzen, sind zum mindesten in ihren bei gewissen niederen Geschöpfen gegebenen Prototypen psychisch tätig [1]).

[1]) W. Bechterew, Bewusstsein und Hirnlokalisation. St. Petersburg 1897. Leipzig 1898.

Selbst in dem individuellen Leben höherer Organismen scheint ursprünglich, d. h. während der Entwickelung eine psychische Tätigkeit solchen Abschnitten des Nervensystems zuzukommen, welchen dieses Vermögen im Laufe der Zeit für immer verloren geht.

Es erlischt also die psychische Tätigkeit mancher Gebiete des Nervensystems wahrscheinlich für immer schon beim Übergange von niederen zu höheren Tierordnungen, während das gleiche Vermögen anderer Nervenzentra noch auf Anfangsstadien des individuellen Lebens höherer Tiere nachweisbar ist und erst während der fortschreitenden Körperentwickelung verloren geht.

VII.

Die psychischen Funktionen der Protisten.

Bedeutungsreich mit Bezug auf den hier erörterten Gegenstand erscheint die Frage, ob auch einfachste Organismen, die ein Nervensystem noch nicht besitzen, zu psychischer Tätigkeit befähigt sind, worunter ich hier, wie im folgenden überall nicht die uns auf Grund innerer Erfahrung bekannten subjektiven Erscheinungen verstanden wissen möchte, sondern jene zusammengesetzte Tätigkeit, die in ihrer äusseren Erscheinungsweise eine Mitwirkung früherer Eindrücke und der Erfahrung bekundet, gleichgiltig ob irgendwelche subjektive Erlebnisse sie begleiten oder nicht. Die Frage ist bereits Gegenstand sehr vieler und mühsamer wissenschaftlicher Untersuchungen gewesen. Leider aber ist bezüglich der Deutung der Tatsachen selbst eine Spaltung unter den Biologen eingetreten, und es machen zwei grundverschiedene Anschauungsweisen, nämlich die mechanistische und die neovitalistische, sich gegenseitig den Platz streitig. Dieser Widerstreit der Meinungen ist wesentlich darauf zurückzuführen, dass man immer noch das Psychische als etwas rein subjektives auffassen will, das einer Untersuchung an tierischen Organismen vollkommen unzugänglich sei. Mit einer gewissen unverkennbaren Leidenschaftlichkeit suchen die Vertreter beider Richtungen naturgemäfs die eigene Weltanschauung aufrecht zu halten, die entgegengesetzte nach Möglichkeit zu entkräften.

„Über die Lebensäusserungen bei den Protisten denkt man heute in zweifacher Weise", schreibt Faminzyn[1]) über diesen Gegenstand: „Die Einen erklären dieselben als unbewusste, rein mechanisch bedingte Reflexe. Ihnen erscheinen die Protisten einschliesslich der Infusorien lediglich als seelenlose Mechanismen, die der gewöhnlichen Maschine gegenüber nur durch grössere Kompliziertheit ihrer Struktur ausgezeichnet sind und keinerlei der unserigen vergleichbare Seelentätigkeit besitzen. Dieser Auffassung zufolge erwacht Bewusstsein erst mit Auftreten einer Anlage des Nervensystemes. Die einfachsten Organismen

[1]) Faminzyn, Die moderne Naturwissenschaft und die Psychologie a. a. O.

sind Übergangsformen vom Toten, Leblosen zu belebten Wesen. Sie sind Lebenskeime, Leben in potentia, aber nicht Leben selbst. Eines der wesentlichsten Argumente, welches von den Vertretern dieser Richtung aufgeführt wird, ist das Fehlen aller Spuren eines Nervensystems bei den Protozoen. Der Satz: wo ein Nervensystem fehlt, ist auch keine Psyche vorhanden, ist zwar durch nichts begründet, wird aber von vielen unmittelbar zum Dogma erhoben. Bütschli und Andere entwickeln ferner den Gedanken, wenn unter Freiheit des Handelns (bei den Infusorien) Beantwortung äusserer Reize durch bewusste Willensakte verstanden werde, hierzu nicht die geringste Berechtigung vorliege. Da selbst Metazoen mit zusammengesetzten zentralen Nervenapparaten häufig nur verschwindende Spuren eines Selbstbewusstseins aufweisen, so ist nach Ansicht Bütschli's der Gedanke, etwas ähnliches könne in einer einfachen Protozoenzelle zur Erscheinung kommen, nicht zu begründen."

„Näher der Wahrheit liegt, wie mir scheint, eine andere Betrachtungsweise des Gegenstandes. Die Beurteilung der Lebensäusserungen der Protisten geht auch hier von den Prinzipien der Entwickelungslehre aus, und doch ist das Endergebnis der Betrachtung hier ein anderes. Den Vertretern dieser Richtung ist der Nachweis eines Nervensystemes nicht conditio sine qua non für die Annahme eines Bewusstseins; an dieser Bedingung festhaltend, müsste man bei den Protisten auch die Möglichkeit aller anderen Funktionen, für welche bei ihnen keine entsprechenden speziellen Organe zu finden sind, in Abrede stellen; und doch wird niemand bezweifeln wollen, dass alle wesentlicheren Funktionen des Tierlebens, Ernährung, Atmung, Vermehrung und Bewegung sämtlichen Organismen, die einfachsten Protozoen (Amoeben, Bakterien und verwandte Geschöpfe) nicht ausgenommen, ganz allgemein eigentümlich sind. Um bei einem Organismus eine beobachtete Tätigkeit als eine bewusste aufzufassen, ist ein unparteiisches und möglichst gründliches Studium der Lebenserscheinungen dieses Organismus von weit grösserer Bedeutung; und wenn man dabei Merkmale unzweifelhafter Vernunft antrifft, so muss der herrschende Satz: wo ein Nervensystem fehlt, ist auch kein Bewusstsein vorhanden, als irrtümlich erkannt werden. Erscheint doch ein Nervensystem als integrierender, absoluter Bestandteil nur in Organismenkolonien, bei welchen gleichzeitig mit einem Nervengewebe auch andere Gewebe zur Entwickelung gelangen und sich zu bestimmter Organbildung zusammensetzen. Dem Auftreten von Organen geht hier die Bildung umfangreicher Zellvereinigungen voraus. Bei den Protozoen aber ist nichts dem ähnliches zu beobachten. Vielmehr erbaut hier der einer einzigen Zelle einer Kolonie entsprechende elementare einzellige Organismus aus Zellteilen seine Organe, die, wie wir sahen, bei den Wimperinfusorien einen so hohen

Grad von Differenzierung aufweisen. Jene unparteiischen und treuen Schilderungen der Jagd nach lebendiger Beute, der mannigfachen Fortbewegungsmittel und des Geschlechtslebens bezeugen in völlig einwandfreier Weise das Dasein eines psychischen Elementes, eines Bewusstseinskeimes im Leben der Infusorien, die hierdurch zur Orientierung innerhalb ihrer Umgebung und zur Befriedigung ihrer Lebensbedürfnisse befähigt sind".

Wie Versuche lehren, haben die Protisten trotz des Fehlens eines Seh- und Gehörorganes ein Empfindungsvermögen für quantitative Licht- und Schallunterschiede; Gehörempfindungen werden von ihnen anscheinend auf mechanische Weise aufgenommen. Selbst bei den niedersten Unizellulaten kennt man Erscheinungen von Thermotropismus, Galvanotropismus, Chemiotropismus, Heliotropismus als Bewegungen unter Einfluss thermischer, elektrischer, chemischer und optischer Reize. Niederste Organismen offenbaren jedenfalls auch Bewegungen, die auf Selbstschutz, Ernährung und Zeugung hinzielen.

Selbst Bakterien verhalten sich gegenüber bestimmten chemischen Substanzen in ungleicher Weise, sie zeigen bald positiven, bald negativen Chemiotropismus. In einzelnen Fällen ist die Reizbarkeit dieser niederen pflanzlichen Organismen erstaunlich. Ein Billionteil oder Trillionteil eines Milligrammes Fleischextrakt ist hinreichend, um auf Bakterien anziehend zu wirken. Dabei kann die Konzentration einer und derselben Lösung ihre Wirkung bestimmen. Hier haben wir deutliche Anzeichen eines elementaren Unterscheidungs- und Wahlvermögens der Bewegungen als erste Vorstufe des Empfindungs- und Willensvermögens höherer Geschöpfe.

W. Wagner, der sich vollkommen ablehnend zu der Frage stellt, macht zu einem Passus bei Faminzyn („den Wimperinfusorien ist kaum ein psychisches Leben und der Besitz vernunftgemässer Willkürakte abzusprechen; man kann daraus auf ein bewusstes Verhalten der Infusorien zu der Aussenwelt schliessen[1]") die ironische Bemerkung: „Wenn dem so ist, warum sollen wir das gleiche nicht von den Phagocyten behaupten? weshalb sollten die Epithelzellen unseres Darmkanales, die den Nahrungssaft ebenso in sich aufnehmen, wie dies freie einzellige Tiere tun, nicht ebenfalls bewusst handeln und nicht auch ihre Weltanschauung haben? Das wäre ja nur konsequent. Warum sollten wir dann nicht weiter behaupten, dass auch die insektivoren Pflanzen, da ihre Blätter bei dem Fang der Beute eine Reihe zweckmässiger Bewegungen ausführen und das Brauchbare vom Unbrauchbaren zu unterscheiden verstehen, ebenfalls bewusst handeln und

[1]) A. Faminzyn, Über das psychische Leben der einfachsten Lebewesen. Verhdl. d. VIII. Versamml. Russ. Naturf. u. Ärzte.

ebenfalls nachdenken?“ [1]) Eine kleine Übertreibung auf der einen Seite wurde hier auf der anderen Anlass zu ironischen Bemerkungen bezw. zur Anwendung einer unwissenschaftlichen Manipulation auf wissenschaftlichem Gebiet. Und doch übertreiben zweifellos beide: der eine gibt den Protisten höhere psychische Fähigkeiten, der andere nimmt ihnen jede Spur eines Psychismus.

Manche wollen sogar die komplizierten Erscheinungen des Bienen- und Ameisenlebens sich vom Standpunkte eines vollendeten Automatismus erklären [2]). Überlassen wir ihnen solche Vergleichungen des Tierlebens mit Maschinen und Uhrwerken! Man kann nur sagen, dass das Ableugnen einer Insektenpsyche logischerweise dazu führen muss, auch uns selbst vom Standpunkte eines anderen höheren Wesens eine Psyche abzusprechen.

Viele sehen, wie schon erwähnt, eine Psyche nur dort, wo ein Nervensystem, eine Nervenzelle vorliegt. Nach Forel ist Bewusstsein eine allgemeine Eigenschaft der Neurone; wo also Nervengewebe vorhanden ist, da müsse auch Bewusstsein vorliegen.

Andere schränken das Gebiet des Bewusstseins noch mehr ein. Soury bezeichnet psychische Prozesse als Zubehör jeden Protoplasmas, aber psychische Prozesse findet er weder bei Pflanzen, noch bei niederen Tieren: hier fehle eine physiologische Arbeitsteilung auf Grund von Neuronenassoziation, denn auch diese ermögliche Bewusstseinsäusserungen. Er glaubt also an ein Bewusstsein bei den höheren Tieren und selbst bei den wirbellosen (Ameise), sieht aber ein Bewusstsein bei niederen Tieren nicht, da sie keine assoziierten Neuronengruppen haben [3]).

[1]) W. Wagner, Fragen der Zoopsychologie. St. Petersburg 1896. S. 32.

[2]) Vgl. z. B. Bethe, Dürfen wir den Ameisen und Bienen psychische Qualitäten zuschreiben? Pflügers Archiv Bd. 70.

[3]) F. Soury, Système nerveux central. Paris 1899.

VIII.

Bewegungswahl in der Tierwelt auf Grund früherer Erfahrung als psychisches Kennzeichen.

Mir scheint, dieser Streit wird unfruchtbar sein, so lange man dabei an dem Bewusstseinsbegriff, wenn auch in weiterem Sinn, festhält und darunter alles Subjektive versteht, als Inbegriff der elementarsten und allgemeinsten undifferenzierten Selbstempfindung bis hinauf zu den zusammengesetzten inneren Zuständen, die wir mittels Selbstanalyse in uns entdecken und als Vorstellung, Begriff, Urteil usw. bezeichnen. Die Psyche umfasst aber nicht bloss subjektive Erlebnisse, sondern äussert sich auch in Gestalt objektiver Merkmale, die allein eine befriedigende Lösung der Aufgabe ermöglichen. Als fundamentales objektives Kennzeichen vorhandener psychischer Tätigkeit erscheint eine Wahl der Bewegungen, die sich auf individueller Erfahrung gründet.

Schon bei einer früheren Gelegenheit [1]) betonte ich die Bedeutung der auf Erfahrung beruhenden Bewegungswahl als Kennzeichen psychischer Tätigkeit. Hat eine Bewegung selbständigen Charakter, ist sie also nicht durch unmittelbare Aussenwirkungen bestimmt und hängt sie nicht direkt von irgend einem äusseren Reiz ab, sondern beruht sie auf inneren Antrieben des Organismus auf Grund früherer Einwirkungen, so liegt darin ein Beweis für das Bestehen eines psychischen Vorganges.

Im wesentlichen handelt es sich hier wiederum um Reizbarkeit, um eine Reaktion auf Aussenwirkungen, die in letzter Linie nicht durch die Art und Weise der unmittelbaren Aussenwirkungen und nicht durch die physikalisch-chemische Zusammensetzung des gereizten Körpers, sondern durch andere innere Ursachen bestimmt erscheinen, aber die Reaktion hängt hier in letzter Linie von den Residuen früherer Einwirkungen ab.

[1]) W. Bechterew, Die Lokalisation der bewussten Tätigkeiten beim Menschen und bei den Tieren. St. Petersburg 1896. — Die objektive Psychologie und ihr Gegenstand. Vêstn. psihol. 1905, H. 1—2. Revue scientif. 1906. — Die Begründung der objektiven Psychologie. Vêstn. psihol. 1907. — Die objektive Untersuchung der psychischen Tätigkeit. Rede auf dem intern. Kongr. f. Psychol. zu Amsterdam 1907.

Bekommt ein Tier z. B. einen Stockschlag, dann springt es auf, läuft davon und heult vor Schmerz. Die Reizbarkeit des Tieres äusserte sich hier also darin, dass es fortlief und heulte; aber das Davonlaufen ist nicht direkte Folge des Stockschlages, sondern Folge innerer Ursachen, die auf früherer Erfahrung beruhen.

Späterhin ergreift das Tier schon bei dem blossen Anblicke dessen, von dem es den Hieb erhielt, die Flucht, trifft also eine selbständige Bewegungswahl entprechend den vorliegenden Aussenbedingungen und auf Grund der früheren Erfahrung.

Diese Selbständigkeit der (nicht unmittelbar aus den Aussenbedingungen erklärbaren) Bewegungswahl bezw. eine derartige motorische Reaktion auf den Aussenreiz, die nicht unmittelbar aus der nächsten Aussenwirkung folgt, sondern mit früheren Aussenwirkungen zusammenhängt, ist eines der wesentlichsten Kennzeichen des psychischen Vorganges, der unter allen Umständen als selbständige Bewegung sich offenbaren muss auf Grund innerer Verarbeitung der früher stattgefundenen Aussenwirkungen.

Wenn wir die Erscheinungen des positiven und negativen Tropismus der Amoeben als vollkommen automatisch den einfachsten Reflexen höherer Tiere an die Seite stellen, so muss andererseits von dem angedeuteten Standpunkte aus zugegeben werden, dass überall da, wo bei einem einfachsten Organismus selbständige Bewegungen als Folge innerer Verarbeitung der Aussenreize auf der Grundlage erlangter individueller Erfahrung auftreten, diese Erscheinung an das Dasein einer elementaren Psyche gebunden sei.

Die Frage hinsichtlich der psychischen Tätigkeit der Phagocyten und der Darmzellen wird schon dadurch gegenstandslos, dass weder jene noch diese selbständige Organismen sind und weder eine Eigenexistenz führen, noch auch eine individuelle Erfahrung äussern können.

Doch erscheint hier folgendes beachtenswert:

Metalnikov versetzte das Medium, in dem sich ein bewimpertes Infusor befand, mit Karmin Alsbald konnte in dem Körper des Tieres ohne Mühe Karmin bemerkt werden. Sobald aber mehr Karmin zugesetzt wurde, liess es sich in dem Infusor nicht mehr nachweisen.

Hat das Infusor also einmal Karmin versucht, dann lehnt es diesen zur Ernährung ungeeigneten Stoff alsbald ab. Es hat nach der einmaligen Sättigung eine Erfahrung gemacht und damit die ersten Kennzeichen einer auf psychischen Erscheinungen beruhenden Wahl offenbart.

Auch diese Beobachtung aus dem Tierleben wird man vielleicht auf mechanische Vorgänge zurückführen wollen. Betrachtet man sie aber mit unbefangenem Blick, dann haben wir hier eines von den Zeugnissen jener elementaren Erfahrung, wie sie selbst die einfachsten

Lebewesen fortwährend sammeln, wenn sie sich in ihrer Umgebung orientieren.

Da, wie vorhandene Untersuchungen unzweifelhaft dartun, selbst einfachste Organismen eine selbständige Wahl ihrer Bewegungen auf Grund innerer Verarbeitung der Aussenreize auf Grund individueller Erfahrung erkennen lassen, so darf man annehmen, dass auch sie trotz des Mangels eines Nervensystemes zu elementarer psychischer Tätigkeit befähigt sein müssen. Der Mangel eines Nervensystemes bei diesen Geschöpfen hat für uns mit Bezug auf die hier erörterten Fragen gar keine Bedeutung[1]). Berechtigt uns doch der Mangel eines Muskelsystemes bei den Infusorien nicht, ihnen Bewegungsfähigkeit abzusprechen, und darf etwa aus dem Fehlen eines Magens bei den Protisten allen unmittelbaren Beobachtungen zum Trotze auf das Fehlen einer Ernährungstätigkeit geschlossen werden?[2])

Von den modernen Biologen halten selbst diejenigen, die die Lebenserscheinungen aus mechanischen Bedingungen zu erklären suchen, an dem Satze fest, dass psychische Funktionen untrennbar an das Protoplasma gebunden sind. Unter Hinweis auf Tyndall, Thomson, Naegeli, Zoellner, Haeckel, Preyer, Forel und Luciani bemerkt Soury, dass alle diese Forscher die bei den Vorfahren der Pflanzen und Tiere zu beobachtenden psychischen Besonderheiten als etwas, was wohl graduelle Unterschiede aufweist, aber überall da ist, wo Leben vorliegt, für ebenso vom Protoplasma untrennbar halten, wie jede andere biologische Funktion, die den „chemischen Molekularkomplex" (Danilewski) oder die organisierte Substanz bestimmt.

Auf keinen Fall liegt Grund zu der Annahme vor, in der Reihe der Tierorganismen sei das Erscheinen der Psyche bedingungslos an die Existenz eines Nervensystemes gebunden. Wo ein Nervensystem vorhanden ist, wie bei den höheren Tieren, da bietet dasselbe der psychischen Tätigkeit allerdings einen besonders geeigneten Boden dar. Kann es aber in einfachsten, einzelligen Geschöpfen, die der zusammengesetzten Organisation höherer Tierordnungen entbehren, nicht ebenfalls eine gleichmäfsig über den ganzen Organismus verbreitete psychische Tätigkeit geben, wenn letzterer den geeigneten Stoff in sich birgt, der als phosphorhaltiges Eiweiss bei höheren Geschöpfen im Nervensystem sich anhäuft? Bringen doch gewissermafsen als Bekräftigung dieser Annahme neuere Untersuchungen den Nachweis, das Protoplasma des Organismus niederer Amoeben stehe seiner chemischen Konstitution nach dem Nervengewebe höherer Tiere weitaus näher, als das Proto-

[1]) Übrigens sollen einige Infusorien Nervenelemente in sich enthalten.

[2]) Borodin, Protoplasma und Vitalismus. Eine Rede. Mir boshi 1895.

plasma irgend welcher anderer nicht nervöser Zellgebilde bei höheren Tiergattungen.

Im Hinblicke hierauf ergibt sich das Protoplasma als ganzes bei den niederen Tieren als Organ der Ernährung, der Vermehrung und der (elementaren) psychischen Tätigkeit, während bei den höheren Tieren entsprechend der eintretenden morphologischen Organdifferenzierung eine Arbeitsteilung zwischen den einzelnen Geweben erfolgt, derart, dass jede Funktion mit der Herausbildung entsprechender Organe an Vollkommenheit gewinnt.

Die Wahl bezieht sich aber selbstverständlich nicht allein auf Bewegungen, sondern erstreckt sich auch über andere Tätigkeiten des Organismus, bei den niederen Tieren z. B. über die Darmfunktionen. Wir finden eine auf früherer Erfahrung basierende individuelle Wahl schon auf frühen Stufen des Tierlebens. So ist bekannt, dass die Verdauungstätigkeit schädliche Parasiten, die in den Körper der Infusorien eindringen, vernichtet; sie erstreckt sich aber nicht über einzellige Algen, die symbiotisch im Infusorienkörper existieren. Metschnikow berichtet in seiner Schrift über die Unempfänglichkeit für Infektionskrankheiten über eine merkwürdige Wahl der Nahrung bei Amoeben und Infusorien; beide wählen sich immer nur ganz bestimmte Algenarten zur Nahrung, während sie andere ablehnen.

Einige Ciliaten, die von Bakterien leben, verfolgen nie andere als nur ganz bestimmte Mikroben. Salomonsen hat gezeigt, dass Infusorien die Leichname ihrer Stammesgenossen vermeiden und ihnen aus dem Wege gehen. Die Art und Weise, wie jagende Infusorien sich ihre Nahrung verschaffen, bietet ebenfalls Beispiele von Bewegungswahl. Wir wissen, dass die Myxomyceten feuchte Sägespäne trockenen vorziehen und schnell zu jenen hinüberwandern. Versuche von Stahl haben gezeigt, dass das Plasmodium sofort seinen Platz verlässt, falls man sein Lager mit einer starken Salzlösung befeuchtet; tut man dies aber allmählich, dann lässt sich das Plasmodium an die Salzlösung und andere schädliche Substanzen gewöhnen und ergreift davor nicht mehr die Flucht.

Wir begegnen also schon auf den allerniedersten Stufen des Tierlebens Erscheinungen, aus denen hervorgeht, dass die Organismen dieser Stufen, indem sie auf Aussenreize reagieren, sich mehr oder weniger auf frühere Erfahrungen stützen, was auf das Dasein elementarer psychischer Erscheinungen auf dieser Lebensstufe hinweist.

Mit der Ausbildung eines Nervensystems und besonderer als Gehirn bezeichneter zentraler Ganglien gelangt auch die Psyche zu höherer Entwickelung. Jede weitere Vervollkommnung der psychischen Funktionen erfolgt auf Grund fortschreitender Ausbildung und Differenzierung

des Nervensystems, dessen niedere Zentra allmählich in eine dienende Stellung gegenüber den höheren herabsinken.

Während manche noch bei den höheren Tieren und beim Menschen dem Rückenmarke und anderen niederen Zentren des Nervensystemes eine Bewusstseins- bezw. psychische Tätigkeit zuschreiben wollen (Forel, Herzen[1]), liegen dafür tatsächlich keine vollgiltigen Beweise vor, so lange es sich um normale Zustände handelt. Im Gegenteil, man darf im Hinblicke auf Beobachtung und Experiment behaupten, dass die psychischen Tätigkeiten bei der fortschreitenden Vervollkommnung des Nervensystems immer mehr zu einer Funktion der höchsten Nervenzentra sich ausgestalten; den niederen Zentren, die als Werkzeuge der höheren funktionieren, bleiben automatische Tätigkeiten überlassen[1].

Eine höhere psychische Tätigkeit ist nur bei den höheren Tieren in den höchsten Zentren des Nervensystemes und zwar im Gehirne möglich, während bei tieferstehenden Geschöpfen einfach psychische Verrichtungen schon durch niedere Nervenzentra ermöglicht werden; bei den niedersten Geschöpfen, denen ein Nervensystem noch fehlt, sind die Anlagen eines psychischen Daseins wahrscheinlich gänzlich untrennbar von den übrigen Lebenserscheinungen. Auf jeden Fall ist das Eigenbewegungsvermögen einfachster Lebewesen und jene Zweckmäfsigkeit ihres äusseren Verhaltens zu der umgebenden Natur, die auf innerer Verarbeitung der Aussenreize auf Grund von individueller Erfahrung beruht, ein Beweis für das Bestehen elementarer psychischer Äusserungen.

---

[1]) W. Bechterew, Über die Lokalisation der bewussten Tätigkeiten bei den Tieren und beim Menschen. St. Petersburg 1896.

IX.

Reizbarkeit und zweckmäfsige motorische Reaktion im Pflanzenreiche.

In der Biologie wird bekanntlich auch die Frage nach der Pflanzenpsyche in Erwägung gezogen. Forscher wie Fechner, Hartmann, K. Marilann, Wundt, Faminzyn, Korzinski und andere haben sich für das Dasein einer Seele im Pflanzenleben ausgesprochen.

Schon Laplace schrieb den Pflanzen ein Gefühlsvermögen zu[1]).

Nach Fechner ist das Vorhandensein einer Pflanzenpsychik auf Grundlage folgender Tatsachen anzunehmen: 1. Analogien der Struktur und Entwickelung: gleich den Tieren sind die Pflanzen aus Zellen aufgebaut, die den tierischen Zellen analog sind, und ihre Entwickelung erfolgt aus einer einzigen Zelle, die sich meist durch Teilung vermehrt. 2. Die wichtigsten Lebensfunktionen der Tiere und Pflanzen sind einander völlig analog. 3. Die Pflanzen haben sich gleich den Tieren aus einer Gruppe einfachster Wesen (Protisten) entwickelt, und da die Annahme einer Psyche bei den Protisten vollberechtigt erscheint, so ist man genötigt, auch den Pflanzen eine Psyche zuzuerkennen.

„Ganz besonders bemerkenswert ist", äussert sich Faminzyn, „die Analogie der chemischen Zusammensetzung des Tier- und Pflanzenkörpers, und zwar ebenso sehr in Bezug auf die chemischen Elemente, aus welchen Pflanze und Tier aufgebaut erscheinen, wie in bezug auf das Überwiegen dreier Gruppen, nämlich der Eiweisse, Fette und Kohlehydrate unter den mannigfaltigsten organischen Verbindungen. Ebenso bemerkenswert erscheint aber auch die durch sorgfältige Untersuchungen eruierte völlige Analogie der zweiten Ernährungsphase bei den Pflanzen mit der Ernährung der Tiere. Zum Aufbaue des Körpers wird in beiden Fällen plastisches Material von der gleichen Zusammensetzung benutzt. Die in Wasser unlöslichen Bestandteile dieses Materiales werden bei Pflanze und Tier durch Vermittelung teils identischer, teils ähnlicher Fermente in löslichen Zustand übergeführt. Diese Phase der Ernährung ist begleitet von einem Gasaustausche zwischen Organismus

[1]) Laplace, Essai philosophique sur les probabilités. Paris 1844.

und der umgebenden Atmosphäre. Dieser Gasaustausch ist bei Tier und Pflanze identisch. In beiden Fällen wird Sauerstoff aus der Atmosphäre absorbiert und Kohlensäure ausgeschieden, ein Vorgang, der als Atmung bezeichnet wird. Im tierischen sowohl, wie im pflanzlichen Organismus geht der Atmungsprozess einher mit Freiwerden von Wärmeenergie. Auffallend ist auch die Ähnlichkeit der geschlechtlichen Vermehrung bei Pflanze und Tier, die mit wenigen Ausnahmen bei sämtlichen Vertretern der beiden Reiche nachgewiesen ist." Beachtung verdienen fernerhin die Beobachtungen über Pflanzensensibilität und über das Reagieren von Pflanzen auf äussere Reize, in welcher Hinsicht Tiere und Pflanzen sich sehr ähnlich verhalten. Es gehört hierher z. B. „die Fortleitung eines Reizes längs dem Pflanzenkörper, Ermüdung der Pflanze durch wiederholte Reizung, vorübergehender Verlauf der Reizempfindlichkeit unter dem Einflusse von Chloroform, Äther u. s. w., also ganz der nämlichen anästhesierenden Substanzen, die auch bei dem Menschen einen zeitweiligen Verlust der Empfindlichkeit hervorrufen". „Wenn ich alle diese Tatsachen", schliesst Faminzyn, „wohl erwäge, so muss ich die Vorstellung von einer Beteiligung seelischer Vorgänge im Pflanzenleben als gut begründet anerkennen".

Ich muss nun meinerseits bemerken, dass jene Analogien des Bauplanes, der Atmung, des Stoffwechsels, der geschlechtlichen Vermehrung im pflanzlichen und tierischen Organismus mir nicht als hinreichende Beweise für das Dasein einer Pflanzenseele erscheinen. Alle diese Tatsachen weisen nur hin auf die Abstammung pflanzlicher und tierischer Wesen von einer gemeinschaftlichen Wurzel einfachster Organismen, ein Satz, der wohl von niemandem bezweifelt wird. Sehr viel mehr lässt sich aber aus jenen Tatsachen und Analogien nicht ableiten.

Weitaus grösseren Wert beanspruchen die Erscheinungen der Irritabilität gewisser Pflanzen, das Erlöschen ihrer Reizbarkeit bei Einwirkung anästhetischer Mittel, ganz besonders aber jene wunderbaren Erscheinungen der Zweckmässigkeit, welche in neuerer Zeit an den Reisern gewisser Pflanzenwurzeln bei der Auswahl geeigneter Ernährungsbedingungen beobachtet wurden, und noch mehr jene überaus merkwürdigen Vorgänge an einigen Pflanzen, welche auf Förderung der Befruchtung hinzielen.

Bemerkenswerte Beispiele über Empfindlichkeit und zweckmässige Bewegungen im Pflanzenreiche werden neuerdings von Taliev mitgeteilt[1]). „Dass die Pflanze nicht nur überhaupt fühlt und in spezifischer

[1]) W. Taliev, Die Sinnesorgane im Pflanzenreiche. Naturk. u. Geogr. 1903. März- und Aprilheft.

Weise auf Aussenreize reagiert, sondern in vielen Fällen eine scharfe und entwickelte Empfindlichkeit offenbart, ist schon längst zweifellos festgestellt. Diese Empfindlichkeit und spezifische Reaktionsfähigkeit kommt nicht nur einzelligen, sondern auch vielzelligen Pflanzen zu. Ein Beispiel dafür, wie einzellige Pflanzen auf einseitige Aussenreize reagieren, ist die langsame Bewegung der plasmatischen Masse der sog. Schleimpilze auf dem Nährsubstrate, das freie Treiben der Algensporen im Wasser, die spiralig gewundenen beweglichen Wimper der Moose und Farne".

Was die Multizellulaten betrifft, so erscheint hier „die ganze Individualentwickelung des Pflanzenorganismus als maskierte Reaktion seiner lebendigen Kräfte gegenüber dem beständigen Wechsel und den Komplikationen der Lebensbedingungen". Allgemein bekannt und lehrreich sind in dieser Beziehung die zweckmässigen Bewegungen der Blätter und Stengel gegen Licht und Wärme, die der Feuchtigkeit und dem Nährgehalt des Erdreiches angepassten Bewegungen der Wurzeln. Selbst den Pflanzensamen fehlt eine Reizbarkeit nicht. Die Samen parasitischer Pflanzen keimen nur in der Nähe des Wirtes. Das Eindringen der Wurzeln in das Bodeninnere beruht „neben Geotropismus auf einer Empfindlichkeit gegen mechanische Wirkungen, die wir als Tastgefühl bezeichnen müssten".

Schon Darwin kannte die Bedeutung der Wurzelspitzen für die Empfindlichkeit bezw. Reizbarkeit der Pflanzenwurzel. Nimmt man die Spitzen fort, dann verlieren die jungen Wurzelreiser ihre zweckmäfsigen Bewegungen. Spätere Untersuchungen (Čapek, Nemez) haben die Richtigkeit dieser Beobachtung bestätigt.

Zu erinnern ist hier auch an die eigentümlichen, auf ein bestimmtes Ziel gerichteten Bewegungen einiger Pflanzen und ihre ausserordentliche Empfindung gegen mechanische Reize, Erschütterungen usw. Diese Beispiele einer spezifischen Reaktion im Pflanzenreiche werden von vielen auf rein mechanische Ursachen zurückgeführt; man ist aber vollkommen berechtigt, diese Pflanzenbewegungen nicht als passive durch Aussenbedingungen hervorgerufene Erscheinungen anzusehen, sondern sie als aktive, aus inneren Impulsen entstandene Vorgänge aufzufassen (Francis Darwin).

Die botanischen Forschungen (Nemez, Haberland, Taliev) entdecken immer mehr Zeugnisse für das Bestehen einer spezifischen Reizbarkeit im Pflanzenreiche. Viele, vielleicht alle Pflanzen, sind durch mechanische Wirkungen reizbar. Beispiele dafür bieten die Mimosa, der Fliegenfänger und andere hochempfindliche Pflanzen. Viele andere Pflanzen erscheinen nur bei oberflächlicher Betrachtung nicht reizbar. Ein Stockschlag gegen den Stengel oder Stamm genügt oft, um das

Laub einer Pflanze zu vernichten. Allgemein bekannt ist die auffallende Reizbarkeit der Schlingpflanzen gegen die leiseste Berührung. Einige Pflanzen sind durch ultraviolette Strahlen überaus reizbar.

Als spezielle Perceptionswerkzeuge der freien Pflanzenteile funktionieren, wie die Beobachtung lehrt, jene Härchen, die das Blatt bedecken; Uberträger der Reize ist das kontraktile Protoplasma (Taliev).

Hier besteht eine deutliche Analogie mit der Reizbarkeit tierischer Organismen, deren Hauthärchen (in der Mundgegend manchmal in lange Fühlhaare auswachsend) bekanntlich als Tastwerkzeuge funktionieren. Selbst beim Menschen ist die Haarreizbarkeit der Haut, wie aus Untersuchungen meines Laboratoriums hervorgeht[1]), überaus entwickelt; sie erscheint als eine von dem gewöhnlichen Tastgefühl verschiedene Reizqualität, denn in pathologischen Fällen kann sie unabhängig von der Schmerz- und Tastreizbarkeit verloren gehen.

Reizbarkeit ist also eine allgemeine Eigenschaft aller Lebewesen, die pflanzlichen nicht ausgenommen. Das Verhältnis zwischen Reiz und Reaktion bleibt überall das gleiche. W. Pfeffer hat nachgewiesen, dass das Weber-Fechner'sche Gesetz mit Rücksicht auf Erregung und chemiotaktische Reaktion im allgemeinen auch für das Pflanzenreich in gleicher Weise Giltigkeit hat[2]).

Die Analogie zwischen pflanzlicher und tierischer Reizbarkeit wird dadurch noch vollständiger, dass gewisse anästhetische Mittel, z. B. Chloroform, auch die Reizbarkeit der Pflanzen abstumpfen. Man erkennt dies sehr leicht an dem Beispiele der Mimosa pudescens und des Fliegenfängers, doch gilt das Gleiche sicher auch für viele andere Pflanzen[3]).

Fassen wir also den „Pflanzenpsychismus" nicht in einem banalen Sinne, sondern als Äusserung elementarer psychischer Akte auf, so ist zu fragen, ob die Pflanze bei der Wahl ihrer Bewegungen sich nach früheren Erfahrungen richtet?

Die Beobachtung entdeckt im Pflanzenreiche in der Tat Erscheinungen, die auf eine Art Wahl der Bewegungen hindeuten.

W. Pfeffer hat gezeigt, dass bei nicht freibeweglichen Pflanzen die Richtungs- und Orientierungsbewegungen bezw. die Erscheinungen

[1]) Noiševski, Die Haarsensibilität der Haut. Dissert. St. Petersburg 1900. — W. Bechterew, Über Trichohyperästhesie, Obošrên. psihiatr. 1900. — Osipov und Noiševski, Über Haarsensibilität. Obošrên. psihiatr. 1898.

[2]) W. Pfeffer, Untersuchungen aus dem Botanischen Institut zu Tübingen. Bd. 1, 1881, Bd. 2, 1882. — Die Reizbarkeit an Pflanzen. Verhdl. der 65. Vers. D. Nat. und Ärzte zu Nürnberg. Leipzig. 1893.

[3]) Vgl. hierzu Jogansen, Die Anästhesie der Pflanzen. Naturk. u. Geogr. 1903, Nr. 2—3. — Taliev, ibid. 1903, Nr. 3—4.

des Tropismus durch chemische Erregungen bestimmbar sind, eine Tatsache, die Mitoshi[1]) und Rothert[2]) bestätigt finden.

Allgemein bekannt ist die Neigung der Pflanzen sich zum Lichte zu wenden und sich den brennenden Sonnenstrahlen zu entziehen. Auch die Tätigkeit, die die linsenförmigen Chlorophyllkörperchen dabei entwickeln, ist verfolgt worden. Sie liegen gewöhnlich mit ihrer Breitseite zur Sonne, aber bei stärkerer Hitze drehen sie der Sonne ihre Schmalseite zu und rücken aus der oberflächlichen in die tieferen Teile des Blattes. Hier ist die Reaktion ihrem ganzen Charakter nach wohl zweifellos durch innere Ursache bedingt. Auf innerem Antriebe beruhen ferner die bekannten auffallenden Pflanzenbewegungen, die im Interesse der Befruchtung erfolgen. Der Bewegungstrieb der Pflanze, der zu bestimmten Zeiten ganz unabhängig von den Lichtverhältnissen auftritt, deutet zweifellos auf einen Akt, der aus inneren Ursachen zu erklären ist. Bewegliche Sporen orientieren sich bekanntlich über ihre Nahrung. Endlich sind die Bewegungen der Wurzelreiser, wie genaue Untersuchungen bezeugen, derart, dass sie nicht auf äussere Zustände (Widerstände im Erdboden), sondern auf die Nahrungsbedürfnisse des Organismus (die Nahrung ist im Boden weitaus nicht gleichmäfsig verteilt) zurückgeführt werden können.

Bekannt sind ferner die hydrotropischen Krümmungen der Wurzelreiser in der Nähe der Wurzelspitze, die selbst gestreckt bleibt. Wirkt Feuchtigkeit auf die Wurzelspitzen, dann bleiben die Krümmungen aus (Molisch).

Jedenfalls ist nach dem bisherigen und auf Grund anderer Erscheinungen nicht mehr zu bezweifeln, dass die Pflanzen sich in aktiver Weise zu den Aussenbedingungen verhalten.

Alle vorhin erwähnten Erscheinungen an den Pflanzen können einfachen automatischen und Reflexbewegungen verglichen werden.

Nicht zu entdecken ist aber im Pflanzenreiche eine individuelle Bewegungswahl auf Grund bestimmter früherer Erfahrungen. So lange solche Erscheinungen nicht ermittelt sind, kann von einer Pflanzenpsyche im strengen Sinn des Wortes nicht die Rede sein.

[1]) Mitoshi, Verhdl. d. K. Sächs. Ges. d. Wiss., Math.-Phys. Kl., 1893, S. 319.

[2]) W. Rothert, Über Heliotropismus. Beitr. z. Biologie d. Pflanzen. 1894, Bd. 7, H. 1.

X.

Unterschiede zwischen lebenden Organismen und anorganischen Körpern.

Es fällt auf, bemerkt Du Bois-Reymond, dass der wahre und fundamentale Unterschied dieser beiden Klassen von Bildungen (Organisata und Anorganisata) bisher nicht allgemein anerkannt ist. Er besteht darin, dass die Materie in den Krystallen und toten Körpern sich in einem indifferenten labilen statischen Gleichgewicht befindet, während sie in der lebenden Substanz ein bewegliches Gleichgewicht aufweist[1]). Eine ähnliche Auffassung hat Cl. Bernard.

Es handelt sich hier nicht um einen prinzipiellen Unterschied zwischen organisierten Lebewesen und nicht organisierten Körpern, aber wir kennen in der anorganischen Welt nichts, was bewegliche Verbindungen liefert, und dies führt dazu, für lebende Organismen einen besonderen Faktor anzunehmen.

Wenn die Aufgabe der Chemie darin besteht, schreibt O. Hertwig, zahllose Verbindungen der verschiedenen Atome zu Molekülen herzustellen, dann kann sie die Aufgabe des Lebens nicht entdecken. Denn das Leben beginnt im allgemeinen erst dort, wo das Gebiet solcher chemischer Untersuchungen aufhört. Über dem Gebäude des chemischen Moleküls erhebt sich der Bau der lebenden Substanz als Organisation einer höheren Art. Die lebende Substanz würde darnach eine zusammengesetztere Organisation voraussetzen[2]).

Eine Lebenserscheinung von unzweifelhaft wesentlichster Bedeutung besteht in der beständigen Zersetzung der in einem bestimmten System vorhandenen zusammengesetzten organischen Körper und in der Wiederherstellung derselben aus frischem von aussen zufliessendem Materiale, eine Erscheinung, die nicht nur für die Ernährung, sondern auch für die mit letzterer unmittelbar zusammenhängenden Vorgänge der Entwickelung, des Wachstumes und der Vermehrung bestimmend

[1]) Du Bois-Reymond, Festrede in Sitz.-Ber. d. Berliner Akad. 1894.

[2]) O. Hertwig, Die Lehre vom Organismus und ihre Beziehung zur Sozialwissenschaft. Universitätsrede 1899.

ist. Der ganze Vorgang, der in der Physiologie als Stoffwechsel bezeichnet wird, bildet eine integrierende und charakteristische Eigentümlichkeit aller Lebensprozesse und die Grundlage der sog. Unersättlichkeit des Lebenden [1]).

Was den erstgenannten Vorgang betrifft, so hat man denselben früher sich so vorgestellt, dass zusammengesetzte organische Körper infolge ihrer ausserordentlichen Labilität sehr leicht der Zersetzung anheimfallen, die, wie man glaubte, schon bei den geringfügigsten äusseren und inneren Anlässen in die Erscheinung tritt. Manche waren sogar der Meinung, dass die Albuminate nach ihrem Eintritte in das Blut in ein besonderes Eiweiss übergehen, welches sich durch hochgradige Widerstandslosigkeit auszeichne. Allein alle Versuche, die Existenz eines derartigen leicht zerfallenden Eiweisses nachzuweisen, sind resultatlos geblieben.

Wohl aber erbrachten die Untersuchungen Pasteur's den Nachweis, dass die Vorgänge der Zersetzung nicht einfach so zu erklären sind: wenn nach dem Tode des Organismus der Körper einer schnellen Auflösung unterliegt, werde dies verursacht vor allem durch eine schnelle Vermehrung von Mikroorganismen, die nun ihr Zerstörungswerk beginnen. Übrigens wird gegenwärtig immer mehr die rein chemische Natur dieser Zersetzungsvorgänge hervorgehoben.

Weitaus rätselhafter erscheinen die im Leben beständig sich vollziehenden Regenerationsvorgänge, verknüpft mit Energieanhäufung, die sich dem Organismus in der umgebenden Natur als Wärme, Licht, Elektrizität usw. im Überflusse darbieten.

Zu beachten bleibt dabei, dass im Chemismus der lebenden Substanz eine ganze Reihe von Agentien (Sauerstoff, Fermente, Wärme usw.) wirksam ist, deren Gegenwart in toten Körpern die Substanz unweigerlich zerstört und in den Zustand der Ruhe überführt, während an lebenden Körpern die gleichen Bedingungen den Stoff in den Zustand der Aktivität versetzen.

„Die Gewebe des lebenden Organismus", schreibt Danilewski [2]), „sind erfüllt von Agentien, die befähigt sind, nicht nur den verhältnismäfsig schwachen chemischen Komplex des Protoplasma, sondern auch die Stoffe selbst, aus denen der Komplex sich zusammensetzt, zu zerstören. Säuren, Alkalien, Wasser, Salze, hohe Temperatur, Reibung, Fermente, endlich der mächtige Sauerstoff sind nur einige Bestandteile der Kette jener Mittel, welche die lebende Substanz nach allen Richtungen durchdringen und von welchen jedes in seiner Art imstande

[1]) W. Tschish, Das Grundgesetz des Lebens. Zeitschr. f. Philosophie. Bd. 122.

[2]) A. Danilewski, Die lebende Substanz. Westnik Jewropy, Bd. III. Mai 1896.

ist, die Integrität des lebenden Komplexes zu vernichten, ihm den einen oder den anderen Bestandteil zu entreissen und bis zu völliger Untüchtigkeit als plastisches Material lebender Substanz zu verändern.

Besonders mächtig in dem Protoplasma ist die zerstörende Gewalt der chemischen Fermente oder Enzyme und des Sauerstoffes, deren Wirkung zudem bei den Warmblütern durch die hohe Temperatur des Körpers gesteigert wird. Schon bei einer Temperatur von wenig über Null sind Enzyme befähigt im Verlaufe einiger Minuten an vielen Körpern chemische Veränderungen hervorzurufen, die im Laboratorium bei Fehlen von Fermentwirkung hohe Temperatur, manchmal Anwendung eines mehrere Atmosphären betragenden Druckes und immer einen Zeitaufwand von mehreren Stunden voraussetzen. Das Protoplasma birgt in sich eine ganze Reihe derartiger Fermente, deren jedes seine besonderen Aufgaben hat.

Die einen zerstören Eiweisse, sei es bei saurer, sei es bei alkalischer Reaktion, bald tiefgehend, unter Zerfall des Eiweissmoleküls, bald nur oberflächlich, unter Löslichwerden des Protoplasmaeiweisses, Auflösung und Destruktion des lebenden Gewebes. Andere Fermente verflüssigen die halbfesten Massen der Kohlehydrate, noch andere zerlegen Fette oder verschiedene andere Substanzen. Man könnte sagen, es gibt keinen einzigen wahren plastischen Bestandteil des Protoplasma, der nicht inmitten der lebenden Substanz ein Enzym besässe, befähigt ihn zu zerstören, oder doch sei es zeitweilig, sei es für immer seiner Plastizität zu berauben.

Ein zweiter gewaltiger Zerstörer der lebenden Substanz ist der Sauerstoff. Von ihm sind die Körpergewebe in nicht minderem Grade als von Fermenten durchsetzt. Zwar befindet sich der Sauerstoff im Protoplasma in seinem gewöhnlichen halbaktiven Zustande, allein es ist wissenschaftlich sicher festgestellt, dass in dem Körperinnern Eiweisskörper, besonders aber Fette und Zucker überaus leicht und schnell seiner oxydierenden Kraft unterliegen und solchergestalt in ungeheuren Mengen zugrunde gehen.

Wie die lebendige Substanz derartig kolossalen Wirkungen des Sauerstoffes Raum gewährt, lassen wir hier unerörtert, nur allein die Tatsache der Zerstörung der plastischen Substanzen durch Sauerstoffeinfluss soll hervorgehoben werden. Wenn in der lebenden Substanz Eiweisskörper in einem derartigen physikalischen oder chemischen Zustand sich befinden, bei welchem sie dem Sauerstoff direkt wenig oder gar nicht ausgesetzt sind, so genügt der Einfluss eines seiner Natur nach auch nur oberflächlich entsprechenden Fermentes, um in wenigen Sekunden diesen Eiweissteil der zerstörenden Wirkung des Sauerstoffes preiszugeben.

Sauerstoff und chemische Fermente, getrennt und besonders im Vereine miteinander, noch mehr aber bei Beteiligung der hohen Körpertemperatur der Warmblüter bilden eine mächtige Liga gegen die Integrität der lebenden Substanz.

Die Wärme, die, obgleich sorgfältig sich verbergend, wie bei den Kaltblütern, in dieser Vereinigung zerstörender Faktoren nicht die letzte Rolle übernimmt, entsteht im Körper durch Verbrennung organischer Substanzen, die dem Organismus mit der täglichen Nahrung einverleibt werden. Auf solchem Wege bringt die aufgenommene Nahrung für unsere lebende Substanz ein indirekt zerstörendes Element mit sich."

Wenn alle solche zerstörenden Einflüsse schliesslich dem Organismus demungeachtet zu gute kommen, so ist diese Erscheinung von dem angeführten Standpunkte aus Bedingungen, die wir in unorganischen Körpern finden, auf keine Weise erklärbar. Es sind die Vorgänge des Ersatzes, die im Organismus Hand in Hand gehen mit solchen der Zerstörung, aus einfachen physikalisch-chemischen Erscheinungen nicht erklärbar.

XI.

Die Lebensvorgänge vom Standpunkte der Mechanisten.

In letzterer Zeit sind Vertreter der sog. mechanistischen Lebensauffassung in jeder Weise bemüht, alle Unterschiede zwischen lebenden Organismen und toten Naturkörpern aus der Welt zu schaffen.

„Die fundamentalste Besonderheit der Organismen, welche sie von den Anorganismen unterscheidet," bemerkt hierüber Timirjäsew[1]), „besteht in fortwährendem Stoffaustausch mit der Umgebung. Der Organismus nimmt beständig Stoff auf, verwandelt denselben in ihm selbst ähnliches (Assimilation), verändert ihn von neuem und scheidet aus. Das Leben der einfachsten Zelle, das Dasein jedes Organismus setzt sich zusammen aus diesen zwei Umwandlungen: Aufnahme und Ansammlung, Ausscheidung und Verbrauch von Substanz. Hingegen das Dasein eines Krystalles ist nur denkbar bei Vermeidung aller Veränderungen und jeglichen Stoffaustausches mit der Umgebung. Die erste Eigentümlichkeit der Organismen, die Stoffaufnahme und Stoffansammlung, kann von zwei Gesichtspunkten, vom chemischen und mechanischen, betrachtet werden: von jenem erscheint sie uns als Ernährung, von diesem als Wachstum. Ernährung und Wachstum sind im Grunde nur zwei Seiten einer und derselben Erscheinung. Man nimmt gewöhnlich an, bei Vergrösserung der Masse anorganischer Körper geschehe nichts, was der Ernährung und dem Wachstume organischer Körper vergleichbar wäre. Die Substanz des Organismus entstehe aus ihm unähnlicher Substanz. Ehe letztere Bestandteil des Organismus werde, müsse sie gewisse Veränderungen erleiden. Die Masse des Krystalles vergrössere sich durch Anhäufung von Substanz, die sich bereits in der Mutterlauge befinde. Das Wachstum des Krystalles gehe vor sich durch Auflagerung, Schichtung neuer Partikel oder, wie der technische Ausdruck heisst, durch Apposition. Der Krystall wachse von der Oberfläche her. Dagegen wachse der Organismus durch Einschaltung neuer Substanzteilchen zwischen schon vorhandenen vermittelst innerer Ablagerung oder Intussusception, wie man sich üblicher Weise

[1]) Timirjäsew, Einige Grundaufgaben moderner Naturforschung. Moskau.

ausdrückt. Aber auch dieser auf den ersten Blick radikale und wesentliche Gegensatz verliert fast alles Gewicht im Hinblick auf die bemerkenswerten Experimente mit sog. künstlichen Zellen, deren Entdeckung wir Moritz Traube verdanken.

Die Bedeutsamkeit dieser Entdeckung wird von vielen Botanikern noch immer nicht voll gewürdigt, während unter den Physiologen ein Helmholtz sofort den wahren Wert derselben erkannte. Traube nimmt einen Tropfen einer Substanz, bringt denselben in Berührung mit der Lösung einer anderen, und nun umhüllt sich jener Tropfen mit einer Membran. Dieses zellenähnliche Gebilde beginnt vor den Augen des überraschten Beobachters zu wachsen, d. h. an Volum und Masse zuzunehmen. Die Erscheinung solchen künstlichen Wachsens zeigt uns zwei wesentliche Analogien mit wirklichem Wachstum. Dasselbe erfolgt nur vermöge der Wechselwirkung ungleichartiger Substanzen, d. h. nur so lange die Substanz der Zelle imstande ist, die Substanz der Umgebung zu verändern und in etwas ihr ähnliches zu verwandeln, also zu assimilieren. Es geht vor sich durch Einschaltung neuer Substanzteilchen zwischen den Teilchen einer schon vorhandenen Substanz, d. h. also auf dem Wege der Intussusception. Bei Veränderung des Chemismus oder Zerstörung ihrer Form hört die Organisation unserer Zelle, die ihr eigentümliche Tätigkeit, ihr Wachstum auf; sie stirbt sozusagen. Es können also in bezug auf den Vorgang der Ernährung und des Wachstumes kaum irgend welche radikale, prinzipielle Unterschiede zwischen organisierten und nichtorganisierten Körpern aufgefunden werden."

„Wir sehen aber, dass im Organismus nicht nur Vorgänge des Aufbaues, d. h. Ernährung und Wachstum, sich vollziehen, sondern dass Hand in Hand damit Vorgänge der Zerstörung und Ausscheidung sich abspielen, welche vorzugsweise in Oxydation der Substanz des Organismus durch den atmosphärischen Sauerstoff, als Vorgang der Atmung, zum Ausdrucke gelangen.

Dieser Zusammenhang zwischen Lebenserscheinungen und Stoffverbrauch bezw. Stoffverwandlung bildet aber natürlich keine Besonderheit lebender Körper. Wir finden denselben auch in der anorganischen Welt wieder. Lebende Körper sind immer gern einem Mechanismus verglichen worden, zunächst dem einer Dampfmaschine. Brükke weist auf die Ähnlichkeit zwischen Organismus und Mechanismus hin und sucht die zwischen beiden bestehenden Unterschiede zum Ausdrucke zu bringen, indem er sagt: ein Organismus ist ein Mechanismus, der sich selbst aufbaut. In den soeben beschriebenen künstlichen Zellen aber sehen wir gerade das Paradigma eines sich selbst aufbauenden Mechanismus vor uns." Die Metamorphose ist schliesslich ganz den Gesetzen der Konstanz oder Ewigkeit der Materie und dem Gesetze der

Erhaltung oder Ewigkeit der Energie unterworfen, was an und für sich, nach Ansicht des genannten Autors, das Dasein „einer launenhaften Lebenskraft“ ausschliesst.

„Das Leben der Organismen bietet uns noch ein Drittes, nämlich Verwandlung der Form, und dies ist vielleicht die am meisten charakteristische Seite der Lebenserscheinungen. Das Leben bietet uns dar ein sukzessives Alternieren, einen Wechsel der Formen: wir nennen dies Entwickelung oder Evolution. In diesem Vorgange der Entwickelung überrascht uns ein gemeinschaftlicher grosser Zug, in der Weise sich äussernd, dass auf dem Wege dieser Entwickelung Formen, ganze Organismen oder einzelne Organe hervorgehen, welche ihrer Umgebung und ihrer Funktion auffallend angepasst erscheinen, welche somit das darstellen, was wir Harmonie, Vollkommenheit, Zweckmäfsigkeit nennen. Alle einzelnen chemischen und mechanischen Vorgänge streben gewissermafsen einem einzigen bestimmten Ziele zu, nämlich der Bildung zweckmäfsiger Formen. In dieser zweckmäfsigen Evolution erblickt man gern ein charakteristisches Unterscheidungsmerkmal der Organismen gegenüber Anorganismen. Das Prinzip der Entwickelung, welches, wie man glaubt, schon im Keime jedes Geschöpfes vorhanden ist, alle in demselben sich vollziehenden chemischen und physikalischen Prozesse verknüpfend, einend und nach bestimmten Richtungen hinlenkend, dies ist, behauptet der Vitalismus, nicht mehr etwas einfach Physikalisches oder Chemisches, sondern hier liegen bereits die Anfänge des Lebens.“

„. . . . . Ist die Physiologie imstande, uns etwas über diese dunkle Seite der Lebenserscheinungen zu sagen? Vermag sie uns eine Erklärung zu geben für jenes Zweckmäfsige in der Evolution? In dem Versuche einer solchen Erklärung birgt sich eine sehr charakteristische Seite der modernen Biologie. Sie hat sich nicht zurückschrecken lassen durch Aufgaben, welche vergangenen Jahrhunderten unlösbar erscheinen mochten.“

Es handelt sich hier natürlich um den historischen Entwickelungsgang der Organismen, „welcher in unvermeidlichem und verhängnisvollem Verlaufe die organische Welt zu jener Vollkommenheit und Harmonie hinführt“, auf welche Ch. Darwin hinweist. Timirjäsew, der ganz auf dem Boden sog. mechanistischer Auffassung des Lebens steht, stellt schliesslich an die Biologen die Forderung, es müssen hinfort dreierlei Ursachen bei der Erklärung der Lebenserscheinungen in Rücksicht gezogen werden: chemische, physikalische und historische. Diese dreifache Aufgabe entspreche dreien Epochen in der Entwickelung der Naturforschung, gekennzeichnet durch drei unserer Weltanschauung zugrunde liegende allgemeine Gesetze: 1) das Gesetz von der Konstanz der Materie, 2) das Gesetz von der Erhaltung der Energie und 3) das

Gesetz von der Einheit des Lebens, sowie durch die drei Namen Lavoisier, Helmholtz und Darwin.

Weitere Anschauungen sog. mechanistischer Richtungen über die Lebenserscheinungen übergehe ich, da sie alle mit geringen Variationen darin einig sind, den Organismus dem Begriff der einfachen Maschine gleichzusetzen, vergessend, dass ein maschineller Mechanismus nur dann tätig wird, wenn ein Energieverbrauch stattfindet und der Mensch seine Bewegungen regiert, sonst aber den Verharrungszustand gewöhnlicher toter Naturkörper beibehält.

Einer Kritik unterworfen wurde auch die von älteren Vitalisten hervorgehobene Zweckmäfsigkeit der Handlungen der Organismen als Eigenschaft, die das Lebende vom Nichtlebenden unterscheiden sollte. Manche glauben Zweckmäfsigkeitserscheinungen auch an toten Körpern zu finden. Das Planetensystem soll aus einer ursprünglich chaotischen Nebelmasse durch allmähliche Evolution zu einem festen System geworden sein, worin die Bewegungen der Himmelskörper in Richtungen erfolgen, die am meisten dem Prinzipe der Erhaltung der gegenseitigen Integrität entspreche. Nun wird aber das Zweckmäfsige an den Organismen nicht von einem äusseren, sondern von einem persönlichen Standpunkt angesehen; in dieser Hinsicht aber kann von einer Zweckmäfsigkeit des Planetensystems nicht die Rede sein. Die Handlungen eines Organismus sind nur ihm allein oder seinesgleichen nützlich bezw. zweckmäfsig; für andere Organismen können sie nicht nur nicht nützlich, sondern sogar direkt schädlich sein, von den Störungen der umgebenden Naturorduung ganz abgesehen.

Der Begriff „Zweckmäfsigkeit“ ist übrigens zum Teil ein bedingter und insofern kann er als Mafsstab der verschiedenen Vorgänge nicht Alle befriedigen, falls man damit eine Grenze zwischen Lebendem und Nichtlebendem ziehen will. Es gibt aber eine andere Eigenschaft, die das Lebende von der toten Materie scheidet: seine zweckmäfsige Selbsttätigkeit. Indem er seine Kräfte aus der Natur schöpft und sie für sich selbst verarbeitet, erscheint der Organismus überall als aktiv-zweckmäfsiges Etwas, als etwas Selbsttätiges, das die Aussenwirkungen innerlich umgestaltet. Dies finden wir nicht bei den toten Naturkörpern. Es handelt sich also um ein besonderes Verhalten der Organismen zu der umgebenden Natur, wie es den anorganischen Substanzen nicht eigentümlich ist.

Es kann nun keine Frage sein, dass jene „unfassbare und launische Lebenskraft, die dem Gesetze der Kausalität sich entzieht und durch Zahl und Mafs nicht bestimmbar ist,“ aus der Biologie zu eliminieren ist. Man wird Timirjäsew zustimmen müssen, wenn er sagt, unsere Weltanschauung müsse ausgehen von den Gesetzen der Konstanz der Materie, der Erhaltung der Energie und der Einheit des Lebens. Es

müssen also die Lebensprozesse den gleichen Gesetzen, wie die toten Naturkörper, unterworfen sein. Ist damit aber gesagt, dass allein mit Hilfe der uns bekannten, an toten Naturkörpern vorhandenen Bedingungen alle Vorgänge des Lebens sich erklären lassen? Keineswegs!

Wie bereits erwähnt, haben die Vorgänge des Ersatzes trotz aller Anstrengungen der Biologen bisher auf bekannte einfache physikalisch-chemische Gesetze nicht zurückgeführt werden können. Beachtenswert erscheint in dieser Beziehung die Anschauung A. Danilewski's, welcher auf dem Wege eingehender Analyse der Vorgänge der Zersetzung und Synthese in lebenden Organismen zu dem Schlusse kommt, die lebende Substanz berge in sich die Kraft bezw. das Vermögen des Widerstandes gegenüber den zerstörenden Einflüssen von Wasser, Salzen, Wärme, Fermenten und Sauerstoff, die es überall durchsetzen und in den Zustand lebloser und kraftloser Masse überzuführen bestrebt sind [1]).

Mit Bezug auf den Ursprung dieser Kraft bemerkt Danilewski, in der lebenden Substanz sei ausser sicht- und wägbarer Materie wirksam eine „Materie höherer Ordnung", vermöge welcher „ungeachtet der natürlichen zerstörenden Tendenz des Sauerstoffes, der Wärmeenergie der Nahrungsstoffe und der Fermente die gesamte lebendige Kraft des aufgenommenen Sauerstoffes und der aufgenommenen Nahrung nach unaufhörlichem Kampfe schliesslich doch zum Nutzen des Organismus Verwendung findet." Ununterbrochen nehmen wir in Gestalt des Sauerstoffes drohendes Verderben in uns auf; alltäglich entwickeln wir aus den zugeführten Nährstoffen eine Wärmeenergie, die imstande ist, sämtliches Wasser unseres Körpers in Dampf zu verwandeln und die Eiweissstoffe des Protoplasmas bis zu völliger Lebensuntüchtigkeit des letzteren zu entwerten. Und doch nimmt das Leben seinen Fortgang. Uns scheint, dass wir lebend und gesund erhalten werden von Sauerstoff und Nahrung, in Wirklichkeit aber bestehen wir fort trotz der natürlichen Tendenzen derselben, aber nicht anders als unter ihrer Mitwirkung. Ihre im Grunde der lebenden Substanz feindlichen Kräfte verwandeln sich in nützliche vermöge der in ihr vorherrschenden Abwehrbewegungen ihrer Moleküle.

Schliesslich stellt Danilewski die Hypothese auf, das materielle Substrat, der Urquell und Träger jener Abwehrbewegungen in dem Organismus sei ein in letzterem verbreiteter kosmischer, sog. biogener Äther.

Nach der Darstellung Danilewski's „enthält die lebende Substanz, welche ohne Beteiligung psycho-moralischer Kräfte eine Summe von Erscheinungen des mechanischen Lebens zutage fördert, organisierte Massen einer kosmisch-ätherischen Materie, ausgestattet mit ungeheuren

[1]) A. Danilewski, a. a. O. S. 328.

Vorräten molekularer Bewegungen, die ununterbrochen von jenen auf die Substanz des Protoplasma übergehen. Diese Molekularbewegungen des organisierten Äthers hat man sich als so beschaffen vorzustellen, dass sie in ihrer Wirksamkeitssphäre die Molekularbewegungen der Zerstörer der lebenden Substanz lahm legen."

„Als Ergebnisse der Wirksamkeit des biogenen Äthers in der lebenden Substanz sind zu nennen: Widerstandsfähigkeit des letzteren unter den Verhältnissen des mechanischen Lebens des Organismus; die Möglichkeit der Entwickelung freier Energien in der lebenden Substanz auf Kosten latenter Kräfte der toten Nahrung; die Möglichkeit einer Anhäufung lebender Substanz mit allen ihren Folgen."

Einer solchen Vorstellung einer besonderen höheren Materie, welche bezüglich der ihr innewohnenden Energie die gewöhnliche Materie weit überragt, vermögen wir nicht Raum zu geben. Es widerspricht eine derartige Vorstellung vor allem dem Prinzipe der Einheit der Materie. Warum sollen wir ausser der gewöhnlichen Materie noch eine solche höherer Ordnung annehmen? Warum soll diese höhere Materie reicher an Energie sein? Das alles sind ganz unlösbare Fragen, deren Inhalt nur hypothetisch angenommen werden kann. Wesentlicher aber ist folgendes. An den Erscheinungen des Lebens tritt uns überall eine zweckmäfsige Selbsttätigkeit entgegen, welche den Erscheinungen der toten Materie nicht zukommt. Wie sollte sie einer Materie höherer Ordnung eigen sein, wenn diese bei allem als leblose Materie sich darstellt! Aus diesem Circulus vitiosus von Fragen wird uns jene Hypothese des biogenen Athers nicht den Weg bahnen.

Verworn's Biogenhypothese sucht die Stoffwechselerscheinungen auf Grund eines überaus zusammengesetzten beweglichen sog. „biogenen" Moleküls zu erklären [1]). Er ist natürlich selbst weit entfernt, damit in das Wesen des Stoffwechsels eindringen zu wollen, vielmehr handelt es sich hier nur um eine sog. Arbeitshypothese, wobei es darauf ankommt, die Natur des „biogenen Moleküls" als Prinzip der Lebensvorgänge verständlich zu machen.

„Das lebende Eiweiss im Gegensatz zum toten muss, wie Kravkov bemerkt, auch eine grössere Atombeweglichkeit im Molekül aufweisen: die Atome müssen intramolekular leichter verschiebbar sein. Diese gesteigerte Atombeweglichkeit hängt nach Pflüger von dem Cyangehalt des Eiweissmoleküls, nach Loew von dem Aldehydgehalt desselben ab." [2]) Nun erklärt aber weder der Cyangehalt, noch der Aldehydgehalt die erhöhte Beweglichkeit des Eiweissmoleküls, die nicht nur Zerstörung,

[1]) M. Verworn, Die Biogenhypothese. Jena 1903.

[2]) Kravkov, Die modernen Probleme der Pharmakologie und der Materialismus. St. Petersburg 1903, S. 67.

sondern auch Aufbau voraussetzt, erklärt uns also auch nicht das Leben selbst.

Die Beurteilung der Lebensprozesse wird noch dadurch besonders erschwert, dass der lebende Organismus kein einfaches Zellkonvolut darstellt, an dem sich Zersetzungs- und Aufbauerscheinungen abspielen, sondern wir haben es hier mit einem zusammengesetzten System zu tun, das innere Einheitlichkeit darbietet und überall als Ganzes, als Individuum für sich tätig ist.

Betrachten wir einen lebenden Organismus vom Standpunkte der Lebensprozesse, so ergibt sich zunächst, dass die physiologische Individualität unabhängig ist von den Zellen, aus denen das betreffende Lebewesen aufgebaut ist; denn das was als physiologische Verbrennung und Spaltung bekannt ist, hat mit der Verteilung der lebenden Substanz in Zellenform nichts zu tun. Alles, was zu diesen Verbrennungs- und Spaltungserscheinungen gehört, wie Bewegung, Dissimilation, Wärmebildung, elektrische Vorgänge, Erregbarkeit u. s. w. kann auch an Bestandteilen der einzelnen Zelle beobachtet werden[1]). Andererseits ist es eine zweifellose Tatsache, dass alle Zellen eines tierischen Organismus von einander abhängen und ihre osmotische Spannung gegenseitig regulieren. Der tierische Organismus ist, wie Buttersack bemerkt, nicht nur eine Versammlung nebeneinander liegender automatischer Systeme, sondern ein auf das genaueste regulierter und sich selbst regulierender Reaktionsapparat[2]).

Beweise dafür können direkt aus der Erfahrung geschöpft werden. Versuche von Nägeli[3]) haben gezeigt, dass, falls man eine Pflanze nicht nur der Blätter und Äste, sondern auch des ganzen Stengels beraubt, sie aus accessorischen Knospen die gleichen Organe wieder herstellt. Nimmt man ihr die Wurzeln, so erzeugt sie diese aus den Knospen. Nägeli sieht darin einen Beweis, dass das innere Bedürfnis als Reiz auftritt und dass gewisse Bedürfnisse stets eine entsprechende Reaktion auslösen.

Steckt man einen am Kopf- und Wurzelteil gestutzten Polypen mit ersterem voran in den Boden, so wächst aus dem Kopfende ein Wurzelteil, aus diesem ein Kopf hervor. Zum Okulieren der Pflanzen eignen sich bekanntlich nicht nur die Stengel, sondern auch die Blätter und selbst die Wurzel.

Andererseits ist bekannt, dass bei niederen Tieren sich aus einem Körperteil das Ganze regenerieren kann. Beim Seestern z. B. erzeugt

[1]) J. Schenk, Physiologische Charakteristik der Zelle. 1899. Cit. nach R. Sleeswijk, Der Kampf des tierischen Organismus mit der pflanzlichen Zelle. 1892, S. 11—12 und 49.

[2]) Buttersack, Nichtarzneiliche Therapie. 1901.

[3]) C. v. Nägeli, Mechanisch-physiolog. Theorie der Abstammungslehre. 1884.

jeder Strahl, falls man ihn isoliert, einen neuen Stern. Ähnlich verhalten sich viele Würmer und andere niedere Tiere. Bei den höheren Tieren können fortgenommene Teile regeneriert werden, diese aber nicht das Ganze erzeugen. Bei den höchsten Tierorganismen fehlt auch das Regenerationsvermögen für einzelne Glieder, wohl aber gibt es hier ein solches Vermögen für einzelne Gewebe (Epithel u. s. w.).

In bemerkenswerter Weise ist das Nervensystem an diesen Regenerationsvorgängen beteiligt. Wurde der Strahl eines Seesternes ohne Nervenknoten losgelöst, dann tritt keine Regeneration ein. Das gleiche gilt von anderen Tieren, die ein Nervensystem haben.

Auch hier gelten Nägeli's Worte: „Das Bedürfnis wirkt wie ein Reiz". Worauf beruht aber das Bedürfnis selbst?

Was bedingt denn die Integrität des Organismus, seine Einheitlichkeit? Kann es für diese Regenerationsvorgänge eine befriedigende mechanische Erklärung geben, zumal da sie nicht durch äussere Apposition, sondern von innen her sich vollziehen? Es hat den Anschein, als wären die Vorgänge der Gliederregeneration kaum weniger rätselhaft, als die Regenerationsvorgänge in dem Stoffwechsel der Gewebe.

XII.

Die Unhaltbarkeit der herrschenden Auffassungen des Lebens.

Immerhin geht aus obiger Darstellung das Eine klar hervor, der Stand der Frage nach dem Wesen des Lebens sei gegenwärtig so zu präzisieren, dass die Lebensäusserungen eine befriedigende Erklärung derselben aus einfachen mechanischen Bedingungen nicht zulassen, dass vielmehr selbst entschiedene Anhänger sog. mechanistischer Lebensauffassung sich genötigt sehen, zu besonderen Hypothesen ihre Zuflucht zu nehmen, zur Erklärung der Lebenserscheinungen besondere ausserordentliche physikalisch unbegreifliche Agentien in Anspruch zu nehmen, wie „lebendes Eiweiss“ oder sog. „biogene Moleküle“ als supponierte Grundlage des Lebens oder jene höhere Materie des „biogenen Äthers“, die bestimmt ist, den Begriff Seele zu ersetzen. „Im Sinne des Vitalismus“, schreibt Danilewski, „hat vorliegende Hypothese zur Voraussetzung, der Materie des lebenden Körpers schliesse sich unmittelbar an eine Organisation, deren Grundlage gebildet wird durch eine Materie höherer Ordnung, welche, reicher als unsere wägbare Materie mit Energievorrat ausgestattet, der denkbaren Vorstellung von einer an Kräften unerschöpflichen Seele erheblich näher rückt“.

Es handelt sich also nur um eine gewisse Annäherung des „biogenen Äthers“ als höhere Materie an den Begriff der Seele[1]).

Dass indessen Danilewski mit seiner Hypothese des biogenen Äthers die Fragen des Lebens nicht ganz erschöpft sieht, deutet er in folgendem Passus an: „Wenn morgen einem glücklichen Forscher sich die Mittel darböten, um uns Anordnung und Wirkungsart des biogenen Äthers in der lebenden Materie zu zeigen, so wären wir immer noch weit entfernt behaupten zu können, das Rätsel des ganzen Lebens sei gelöst, die Wissenschaft in das Geheimnis der Seele eingedrungen und im Menschen nun kein anderes geistiges Wesen ausser jenem Äther denkbar. Nein, dies brächte uns kaum mehr als einen kleinen Schritt

[1]) Man wird hier nicht umhin können, sich zu erinnern, dass schon die alten Griechen die Seele in Gestalt einer feinen ätherischen Materie sich vorstellten.

weiter in der Auffassung des mechanischen Lebens im besonderen und des Lebens als ganzes. Aber das geistige Leben, Seele, Willen, Verstand, Bewusstsein blieben für uns Probleme wie früher, die, von einem kaum merklichen Lichtstrahle erhellt uns aus der Unendlichkeit des Unbekannten um etwas näher gerückt wären".

Man erkennt, keinerlei hypothetische Hilfsmittel von der Art des „biogenen Äthers" vermögen das Leben, so wie es sich uns darstellt, d. h. das durchgeistigte Leben mit seinem zweckmäfsigen Verhalten gegenüber der umgebenden Natur, ganz zu umfassen.

Viele Biologen sind gegenwärtig bereits entschieden der Ansicht, dass die herrschende sog. mechanische Lebensanschauung an sich uns nicht befriedigen könne, dass in den Erscheinungen des Lebens ein Etwas verborgen sei, was auf einfache physikalische und chemische Gesetze allein sich nicht zurückführen lasse.

Am vollständigsten scheinen uns die wesentlichen Fragen des Lebens und die Unmöglichkeit einer Erklärung derselben aus einfachen physikalisch-chemischen Gesetzen bisher von A. Danilewski präzisiert zu sein[1]). „Was befähigt eine Masse materieller Elemente, die sich ihrem Wesen nach in nichts von einer zweiten ihr ähnlichen Masse gleicher Elemente unterscheidet, zur Bildung eines geschlossenen Systemes, welches nicht nur mit der übrigen materiellen Welt nicht ineinanderfliesst, nicht nur Beständigkeit ihrer Zusammensetzung besitzt, sondern diese Eigenschaft zum Ausdrucke bringt in ununterbrochenem Verkehr und in materiellem und dynamischem Austausch mit der Aussenwelt, ein System, welches unter solchen Verhältnissen nicht nur seine Integrität bewahrt, sondern stark ist zu progressiver Entfaltung seiner individuellen Masse und neue dieser ähnliche Individualitäten hervorbringt, ein System, das nicht allein selbst den Bedingungen der umgebenden toten Natur sich anpasst, sondern in hartem, erschöpfendem Kampfe diese Aussenbedingungen seinen besonderen Erfordernissen dienstbar zu machen bestrebt ist, ein System, in welchem die von der Aussenwelt kommenden Einflüsse nicht nur den Zustand ihrer eigenen materiellen Elemente alterieren, in welchem vielmehr diese Einflüsse gesteigert werden zu Bewegungsformen, die nirgends in einer Masse toter Körper vorhanden sind, ein System endlich, in welchem jene Einflüsse in den unendlichen Kombinationen ihrer Formen die psychomoralischen Erscheinungen eines voraussehenden Verstandes, eines aktiven Willens, einer allumfassenden Liebe und eines Selbstbewusstseins ergeben? So ist der lebende Organismus, wie wir ihn vor uns sehen, so beschaffen ist das Leben, wie es sich in der Natur entwickelt hat und

[1]) A. Danilewski a. a. O.

unaufhaltsam bestrebt ist, immer grössere Massen toter Materie in seine lebende Form zu kleiden".

Man hat nun oft versucht, alle diese schwierigen Fragen vom Standpunkte der Wirkung bekannter physikalisch-chemischer Vorgänge zu beleuchten, um dieselben schliesslich auf einfachere mechanische Bedingungen zurückzuführen, etwa wie die Wirkung des Mechanismus einer zusammengesetzten Maschine, mit welcher manche Biologen im Geiste sog. mechanistischer Lebensauffassung gern den Organismus vergleichen, in eine Reihe einfacher physikalisch-chemischer Gesetze zerlegt werden kann. Allein es sind alle diese Versuche bisher ohne jeglichen Erfolg geblieben.

„Fassen wir alles bisher Gesagte kurz zusammen", bemerkt hierüber Borodin[1]), „werfen wir einen Rückblick auf die über ein halbes Jahrhundert sich erstreckende bemerkenswerte Geschichte des Protoplasma, so werden wir, wenn vielleicht auch ungern, gestehen müssen, das Substrat des Lebens sei uns nach wie vor eine von Anfang bis zu Ende unbekannte Grösse. Was die alten Anatomen von dem menschlichen Gehirne sagen konnten: obscura textura, functiones obscurissimae, das ist heute noch ganz und voll auf das Protoplasma anwendbar. In dem verflossenen Zeitraum ist über Protoplasma viel geschrieben, aber wenig Sicheres zu Tage gefördert worden. Noch immer ist Protoplasma für uns jener stickstoffhaltige, bewegliche, meist feinkörnige Schleim, als welcher es seit den Tagen eines Mol dargestellt wird".

Über ein zaghaftes Lallen von gewissen Eigenschaften der Eiweisskörper, welche uns die Lebenserscheinungen erklären sollen, sind, wie Borodin hervorhebt, die Physiologen bisher nicht hinausgekommen.

„Anstatt mit Entschiedenheit zu behaupten", schliesst Borodin in bemerkenswerter Weise, „der Organismus sei ein Mechanismus, das Leben eine in dem Protoplasma sich abspielende physikalisch-chemische Erscheinung, wollen wir uns bescheiden zu sagen: die lebenden Körper sind der Wirkung mechanischer Kräfte der toten Natur unterworfen, das Leben selbst aber bleibt uns nach wie vor ein unlösbares Rätsel".

In dem gleichen Sinne äussert sich hierüber G. Bunge, indem er sagt[2]): Je eingehender, vielseitiger und umfassender wir die Erscheinungen des Lebens studieren, desto mehr kommt man zu der Überzeugung, dass Vorgänge, die wir bereits auf physikalisch-chemischem Wege erklären zu können vermeinten, in Wirklichkeit viel komplizierter sind und einer mechanischen Erklärung sich noch entschieden entziehen. Untersuchen wir die belebte und unbelebte Natur mit Hilfe unserer

[1]) Borodin, Protoplasma und Vitalismus. Eine Rede. Mir boshii 1895.
[2]) G. Bunge, Vitalismus und Mechanismus. Leipzig.

äusseren Sinne, so entdecken wir nichts anderes als bestimmte Bewegungsvorgänge. Allein wir besitzen ein inneres Gefühl, mittelst dessen wir die Zustände und Veränderungen unseres eigenen Bewusstseins erkennen und Dinge und Vorgänge entdecken, die mit Mechanismen nichts gemeinschaftliches haben. In der aktiven Tätigkeit eines Pflanzentriebes liegt das Rätsel des Lebens. Der Begriff Aktivität selbst ist von uns nicht mit Hilfe der Sinne entdeckt, sondern aus Selbstbeobachtung geschöpft worden. Wir übertragen das aus unserem Bewusstsein Geschöpfte auf die Objekte unserer Sinnesperzeptionen, auf die kleinste Zelle. Das ist der erste Versuch einer psychologischen Erklärung aller Lebenserscheinungen[1]).

Ebenso entschieden urteilt Faminzyn über die hier erörterten Fragen. „Ich finde mich durchaus einig mit der Vorstellung, dass die nämlichen Gesetze den Erscheinungen der toten Natur und den Vorgängen des Lebens zugrunde liegen. Ich vermag jedoch nicht zuzugeben, dass auf Bewegungen von Atomen zurückgeführte Gesetze der Physik und Chemie, welche uns nur die Aussenseite gewisser Erscheinungen der toten Natur darbieten, imstande wären, die Vorgänge des Lebens in ihrer Gesamtheit zu erschöpfen, d. h. nicht nur die äussere Erscheinungsweise derselben, sondern auch deren uns durch unmittelbare Empfindung wohl bekannte innere und psychische Seite".

In nicht minder kategorischem Tone bemerkt A. Danilewski[2]): „Die mechanistische Theorie, welche das Leben aus Eigenschaften der sichtbaren Materie abzuleiten sucht, bewegt sich auf dieser Bahn mit Erfolg, so lange es sich um irgend welche zusammengesetzte oder verwickelte physikalisch-chemische Erscheinungen in der lebenden Substanz handelt. . . Man durfte naturgemäfs erwarten, die mechanistische Theorie vom Leben werde den Versuch machen, auch die Reizbarkeit der lebenden Substanz in das Gebiet ihrer Vorstellungen von dem Lebensmechanismus einzuführen. Allein die bisher bekannt gewordenen Ver-

[1]) Bezüglich weiterer vitalistischer Anschauungen verweise ich auf K. C. Schneider, Der Vitalismus 1903, wo es u. a. heisst: „Eine eingehende Analyse der Lebensprozesse hat mich, wie zu erwarten, in das Gebiet des Psychischen geführt und damit zu der Anschauung, dass mit jedem Lebensvorgange drei psychische Grundfaktoren zusammenhängen: Empfindung (und ihre Synthesen), Gefühl und Wille. Die Empfindung ist das Korrelat des Reizes; die Willensäusserung entspricht einer Energiewirkung; beide verbindet der Gefühlston, den ich mit Th. Ziehen als Mittelpunkt jedes psychischen Zustandes auffasse und von dessen Intensität es abhängt, ob der Prozess zu einem bewussten wird oder nicht. Doch ist dabei zu bemerken, dass der Zustand auch im zweiten Fall mit Bewusstsein verbunden ist" (Vorwort S. 5). Ich teile diese vitalistischen Auffassungen nicht und bemerke nur, dass der neueste Vitalismus als Reaktion gegen den groben Materialismus der Neuzeit hervorwuchs.

[2]) A. Danilewski, a. a. O. S. 304.

suche dieser Art haben sich als gänzlich unbefriedigend erwiesen. Weder die Labilität der lebenden Substanz oder ihrer Eiweisse, noch die Vermutungen über ein lebendes Eiweiss von ausserordentlicher Beweglichlichkeit, noch die Zersetzlichkeit des chemischen Komplexes des Protoplasma, noch die Vorstellungen von Wärmeenergieentladungen in gereizten Teilen, noch auch endlich die Verwandlungen elektrischer Spannungen vermochten diese Erscheinung zu erklären, und die Eigenschaft der Reizbarkeit, der Empfindlichkeit der lebenden Substanz, ihres Reaktionsvermögens auf äussere Einflüsse bleibt nach wie vor ein ungelöstes Rätsel".

Noch einige Bemerkungen seien hier gestattet mit Bezug auf jene sog. künstlichen Zellen, auf welche einige Biologen mechanistischer Richtung bei der Erklärung des rätselhaften Vorganges des Wachstumes im lebenden Organismus sich zu stützen suchen.

Der Hinweis auf das Verhalten der sog. künstlichen Zellen ist mit Bezug auf die Erklärung der vitalen Wachstumserscheinungen völlig gegenstandslos, da die Analogie dieser Gebilde mit lebenden Zellen von den meisten Biologen als zweifelhaft hingestellt wird[1]). Auf diesen Gegenstand bezieht sich folgende sehr bezeichnende Stelle der oben angeführten Rede Borodin's: „Von mancher Seite wird triumphierend auf jene künstlichen Amoeben hingewiesen, welche durch Verreiben von Öl mit Potasche etc. dargestellt werden können. Selbst erfahrene Mikroskopiker sind beim Anblicke dieser öligen beständig ihre Kontouren wechselnden Körper nicht imstande, dieselben ohne weiteres von einfachsten Organismen zu unterscheiden und sind auf den ersten Blick nicht abgeneigt, in denselben lebende Körper zu erkennen. Ich persönlich möchte jedoch auf die Gefahr hin, bei vielen Unwillen zu erregen, es wagen, bezüglich der künstlichen Amoeben anderen Anschauungen Raum zu geben. Ich fürchte, zukünftige unbefangene Historiker der biologischen Wissenschaft werden jene Kunstprodukte mit den berühmten Automaten von Vaucanson und Droz zu einer gemeinschaftlichen Gruppe zusammenfassen. Das selbstbewusste XVIII. Jahrhundert konnte die Aufgabe von ihrer schwierigsten Seite anfassen und den Versuch wagen, die Krone der Schöpfung mechanisch zu reproduzieren, das XIX. Jahrhundert beginnt bescheiden mit der einfachsten Seite des Rätsels und zeugt statt des künstlichen Menschen — eine künstliche Amoebe. Die angewandten Mittel freilich sind in beiden Fällen gänzlich verschieden: dort ein überaus kompliziertes System von Rädern, welches selbst den erfahrenen Mechaniker nachdenklich macht, hier — eine einfache Emulsion von Öl und Potasche. Das Wesen der Sache aber ist in beiden Fällen das gleiche: künstliche Reproduktion äusserer

[1]) Faminzyn, Lehrbuch der Pflanzenphysiologie S. 228

Lebenserscheinungen mit Hilfe von Stoffen, die mit dem Lebenssubstrat nichts Gemeinschaftliches haben, Erschaffung von Etwas dem Leben gleichem aus notorisch totem Materiale".

Wenn es sich um eine Definition des Lebensbegriffes handelt, schreibt Claude Bernard, so würde ich sagen: „Leben ist Schaffen. Die lebende Maschine kennzeichnet nicht die Art ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften, sondern die Erschaffung, die andauernde Erschaffung der Maschine nach einem bestimmten Plan. . . Ihre Gruppierung erfolgt nach Gesetzen, die die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Materie beherrschen; aber das allerwesentlichste im Gebiete des Lebens gehört nicht der Physik an, noch auch der Chemie, sondern es besteht in der Idee, die die Entwickelung des Lebens begründet. . . . Es besteht eine Art vorgezeichneter Plan, der den Lebensweg jedes Wesens, jedes Organes kennzeichnet, derart, dass, wenn jede Einzelerscheinung am Organismus allgemeinen Naturgesetzen gehorcht, sie in Abhängigkeit und im Zusammenhang mit anderen betrachtet in besonderer Verbindung mit ihnen zu stehen scheint; alle hängen sie sozusagen von einem unsichtbaren Etwas ab, das sich in der eingeschlagenen Bahn und der allgemeinen sie gegenseitig verknüpfenden Ordnung offenbart." . . .

Der Mechanismus will den Übergang toten Eiweisses in lebendes neuerdings auf ein besonderes Ferment zurückführen. Es ist aber bisher Niemanden gelungen, dieses „Lebensferment" aufzufinden.

Bei der Unmöglichkeit einer Zurückführung der Lebenserscheinungen auf einfache mechanische Gesetze sucht die moderne Biologie die Vorgänge des Lebens erneut durch den Begriff „Energie" zu erklären, während gleichzeitig das Gesetz der Unterordnung lebender Organismen unter die physikalisch-chemischen Gesetze der toten Natur als sicher feststehend angenommen wird. Diese, als Neovitalismus bekannte neue Lehre ruft, indem sie die lebende Substanz den Gesetzen der Physik und Chemie unterordnet, die frühere Lebenskraft wieder zur Erklärung der Vorgänge des Lebens an.

„Das Wesen des Lebens", sagt Korzinski, „besteht erstens in Aktivität, d. h. in dem Vermögen der Beantwortung äusserer Reize, und zweitens in dem Problem der Organismusentwickelung. Diese eigentlichen Lebenserscheinungen beruhen auf einem ihnen gemeinschaftlichen Etwas, das speziell den Organismen eigentümlich ist und der anorganischen Natur nicht zukommt. Diese Eigentümlichkeit, dieses Prinzip liegt in dem Plasma. Sie lässt sich nicht physikalischen oder chemischen Gesetzen gleichstellen, denn sie fördert Erscheinungen zu Tage, die in der Welt des Anorganischen keine Analogien finden; sie erscheint unzerlegbar in Elemente und entzieht sich noch einer genauen Erforschung. Wir können diese Eigenschaft bedingungsweise Lebensenergie nennen. Es ist nicht Lebenskraft, kein unerschöpflicher Urquell

von Kräften, die dem Organismus zukommen. Die Lebensenergie bildet keine Ausnahme von dem Gesetz der Energieerhaltung".

Diese Darstellung führt in so allgemeiner Fassung aber trotzdem zu jener unfassbaren, jeder Untersuchung unzugänglichen, sphinxähnlichen Lebenskraft, deren Überwindung der Wissenschaft so viel Mühe und Kraft gekostet hat. Wo verbirgt sich diese Lebenskraft? Worin äussert sie sich? Das sind Fragen, die jedesmal auftauchen, wenn das Wort Lebenskraft oder Lebensenergie ausgesprochen wird. Die Sachlage ändert sich und erfährt sogar eine gewisse Vereinfachung, wenn man anstatt Lebenskraft oder Lebensenergie eine Energie annimmt, die in ihrer Erscheinungsweise der Untersuchung offen dastehend, in den Zellen überhaupt und vorzugsweise in denen der Nervenzentren durch Umwandlung aus Aussenenergien der umgebenden Natur gebunden wird bezw. sich anhäuft und als Ursache der psychischen Erscheinungen von der Biologie nicht mehr unberücksichtigt bleiben darf.

XIII.

Das Biomolekül als Grundlage der lebenden Substanz.

Es wurde schon erwähnt, dass das Leben äusserlich gekennzeichnet erscheint durch ein aktiv-zweckmäfsiges Verhalten des Organismus gegenüber der Umgebung und dass dieses Verhalten auf den in dem Organismus angehäuften Energievorräten beruht.

Wodurch unterscheidet sich nun die lebende Substanz ihrem Wesen nach von der toten Materie?

In dieser Beziehung ist zunächst die Erscheinung des Stoffwechsels zu beachten, die jedem Lebensprozess eigentümlich ist, oder in der Sprache der Atomtheorie: jenes innere Verhältnis der Moleküle lebender Substanz, das schon im chemischen Prozess selbst den allereinfachsten Organismus zu einem selbsttätigen macht, derart, dass der Organismus unter günstigen Aussenbedingungen sein inneres Molekulargleichgewicht in einem Zustande erhält, der eine beständige Zersetzung und Wiederherstellung der Substanz ermöglicht. Es handelt sich hier, anders ausgedrückt, um eine eigentümliche bewegliche Cohäsion der Moleküle, die nicht nur von der gewöhnlichen atomalen und molekularen verschieden ist, sondern bei einem gewissen Verhältnisse des Volumens zu der mit dem Nährboden sich berührenden Oberfläche ein Überwiegen der synthetischen Vorgänge bewirkt und hierdurch zum Wachstum des lebenden Organismus, zu seiner Vermehrung und zur Ausbildung seiner einzelnen Organe Grund legt.

Die moderne Chemie findet bekanntlich nicht einmal einen chemischen Unterschied zwischen dem Eiweiss des lebenden Protoplasmas und totem Eiweiss, denn die vermutete Anwesenheit einer Cyangruppe im lebenden Eiweiss (Pflüger) oder seine Deutung als besondere Aldehydformation ist eben reine Vermutung, ohne tatsächliche Grundlage.

Ausschlaggebend erscheint hier offenbar nicht die chemische Natur der Substanz selbst, sondern jenes besondere in hohem Grade bewegliche, labile Gleichgewicht zusammengesetzter Substanzteile bezw. der Biomoleküle, das überall das Lebendige charakterisiert.

Diese bewegliche Cohäsion liegt nun auch dem Stoffwechsel zugrunde und kann bei einem bestimmten Verhältnis zwischen Volum und

Oberfläche eine fortwährende Energiebindung mittelst ununterbrochener physikalisch-chemischer Umsetzungen ermöglichen. Der neuerzeugte Energiestrom dient zu einer beständigen Erneuerung der Elemente des biomolekularen Komplexes, zur Volumzunahme des ganzen Systems und zur Massen- und Molekularbewegung des Systems. Auf der Molekularbewegung hinwiederum beruht die Reizbarkeit der lebenden Substanz, ihr eigentümliches motorisches Reaktionsvermögen, das seinerseits Kontraktilität begründet.

Es kann also zwischen lebendem und totem äusserlich keine so scharfe Grenze bestehen, wie dies auf den ersten Blick scheinen möchte. Man muss von der Vorstellung der Zelle als Urform des lebenden Individuums abstrahieren. Die Zelle ist ja in Wirklichkeit ein äusserst komplizierter Organismus. Die Urform des Lebens ist nicht als Zelle zu denken, sondern als mikroskopisch kaum wahrnehmbares Granulum oder als Biomolekül, von dem eine ganze aufsteigende Reihe einfachster Organismen, die die moderne Biologie entdeckt, zu der Zelle hinüberführt. Immerhin erhält die lebendige Substanz auf Grund des zusammengesetzten beweglichen Cohäsionssystemes ihrer Teilchen derartige Eigentümlichkeiten ihres Verhaltens zu der umgebenden Natur, die sie als lebendes Individuum von allem Toten, Leblosen und Trägen deutlich abgrenzt.

Das geschlossene zusammengesetzte bewegliche Cohäsionssystem der Substanzteilchen, das nach Tschermak eine Wirbelbewegung darstellt und nicht nur (im Falle eingetretener Zersetzung) auf Kosten des umgebenden toten Materials sich wieder aufbauen kann, sondern auch zu Wachstum und Vermehrung befähigt ist, bildet die lebende Eiweisssubstanz, die in allereinfachster Gestalt als Urgranulum oder Biomolekül sich darstellt.

Selbstverständlich unterliegt die Energie, worauf jener bewegliche Molekularkomplex beruht, als spezielle Form einer einheitlichen Weltenergie dem Gesetz der Konstanz und Ewigkeit der Energie. Die lebende Substanz entrückt dabei nirgends dem Gebiete allgemeiner Naturgesetze und unsere Auffassung der Natur des Universums und im besonderen der Begriff des Organismus erfährt dabei keine Erweiterung.

Die lebende Substanz ist jedenfalls nicht bloss eine einfache chemische Verbindung, in der wir es mit einfachen Molekularkohäsionen zu tun hätten. Vielmehr handelt es sich hier um eine ganz besondere Kohäsion komplizierter Moleküle bezw Biomoleküle oder Plastiden, die ausserordentlich labil und beweglich ungeheure Energiemengen bindet. Bedenkt man, dass die Atome einfacher Körper nach der Auffassung vieler moderner Physiker (W. Tomson, Sakki, Crooks u. a.) keine unteilbaren Substanzelemente sind, sondern Aggregate noch feinerer Partikel darstellen, die hin und wieder als Monaden (Lebon) benannt werden

(und beispielsweise in radioaktiven Körpern frei werden), Aggregate, die ungeheure Energiemengen binden, so begreift man, dass die Substanz in der uns zugänglichen Welt eine allmählich wachsende Komplikation ihrer Grundelemente darbietet: Monaden als die einfachsten bekannten Elemente, Atome als Elemente einfacher physikalischer Körper, Moleküle von verschiedenem Bau und wechselnder Zusammensetzung als Elemente komplizierter chemischer Verbindungen, endlich Biomoleküle als einfachste Elemente der lebenden Substanz.

Auch die sog. einfachen Körper werden gegenwärtig immer mehr in ihrer zusammengesetzten Natur erkannt. Die Spektroskopie und die Mechanik der Gase spricht entschieden dafür. Auch die Atome der einfachen Körper sind als Derivate besonderer Gruppierungen der Monaden, dieser kleinsten Teilchen des primären ewig beweglichen bezw. aktiven Milieu entstanden. Als Erzeugnisse der Kohäsion einfacherer Elemente erscheinen die Atome als Welten gebundener Energie.

Ob die Monaden die Urmaterie bilden oder ob es sich auch hier um mehr oder weniger zusammengesetzte Aggregate handelt, ist schwer zu sagen. Nehmen wir eine noch weitere Zergliederung der Materie an, dann kann hier jedenfalls nur von beweglichem Milieu bezw. Energie die Rede sein, denn die Materie verliert bereits einige ihrer Grundeigenschaften wie ihre Wägbarkeit und bis zu einem gewissen Grade auch ihre Permeabilität (wenigstens in relativem Sinne), behält aber noch ihre Eigenschaft als Masse in Gestalt feinster beweglicher Teilchen. Betrachten wir z. B. die sog. Emanation der radioaktiven Körper als eine Ablösung lebhaft beweglicher Stoffteilchen von zerfallenden Atomen und vergleichen wir die Emanation den Kathodenstrahlen im Sinne einer magnetischen Abweichung beider, so ergeben diese Kathodenstrahlen bei ihrem Durchtritt durch eine Crook'sche Röhre bekanntlich Röntgenstrahlen, die die Eigenschaft der magnetischen Abweichung verloren haben und feste Medien durchdringen.

Im letzteren Fall haben wir es offenbar nur mit beweglichem bezw. aktivem Milieu in obigem Sinn oder mit Energie allein zu tun. Wir befinden uns bei den Kathodenstrahlen und den Erscheinungen der Radioaktivität bereits an der Grenze der Materie im gewöhnlichen Sinn dieses Wortes; jenseits dieser Grenze liegt bereits ein gewisser Grundeigenschaften der Materie entkleidetes Milieu oder Energie vor. Hier schweben die feinsten Substanzteilchen der Monaden frei im Raume; sie sind gewissermafsen von Energie erfasst. Werden jene in einer Crookschen Röhre aufgefangen, dann bleibt die Radialenergie der Röntgenstrahlen in Gestalt noch feinerer beweglicher Teilchen übrig, und diese Energie erübrigt wahrscheinlich auch nach der magnetischen Ablenkung der Monaden oder Elektrone in den radioaktiven Strahlen.

Man kann im allgemeinen sagen, dass die Materie, falls sie ihre fundamentalen Eigenschaften (Schwere, Anziehung bezw. Abstossung, Impermeabilität) verliert, an eine Grenze gelangt, über welche hinaus alles Vorstellbare bereits aufhört Materie zu sein und zu primärem beweglichem bezw. aktivem Milieu im obigen Sinn oder zu Energie wird. Viele Autoren führen tatsächlich die Materie in der Endanalyse auf Energie zurück. Leibnitz, Baskowitsch, Tyndall, Kelvin u. a. stellen die Materie in der Analyse als eine Summe unendlich kleiner Zentra von Energiewirkungen dar.

Ich habe schon früher bemerkt, dass Substanz und Energie nur bedingungsweise unterscheidbar sind. In den unserer Beobachtung zugänglichen Grenzwerten teilbarer Substanz, so in den Monaden, in die die moderne Chemie und Physik die Atome der Körper zerlegt, haben wir eine Substanz, die gewissermafsen einige ihrer gewöhnlichen Eigenschaften (Schwere und z. T. Anziehung) verloren hat. Die Energie ist daher eine Art Synonym einer Substanzzerlegung in primäres bewegliches bezw. aktives Milieu bezw. der Aufhebung ihrer Grundeigenschaften und jener Form, die die Materie als etwas kennzeichnet, was bestimmte Energiemengen bindet. Die Energie oder das seiner gewöhnlichen Eigenschaften der Materie beraubte primäre bewegliche Milieu ist also Grunderscheinung in der Natur, und man kann in diesem bedingten Sinne, ohne allzusehr gegen die Gesetze der Logik zu verstossen, hier bereits von reiner Energie reden, und der gebundene Zustand der Energie ist eben das, was man Materie nennt.

Jede Komplikation der Grundelemente der Materie, von der Monade bis hinauf zum Biomolekül der lebenden Substanz, erfolgt unzweifelhaft unter Bindung enormer Energiemengen. Schon in den Atomen der einfachen Körper befinden sich ausserordentliche Energiemassen in gebundenem Zustande, in dem einen Element (Schwermetalle) mehr, in dem anderen weniger. Dies bezeugen die Erscheinungen der Radioaktivität im Radium und in anderen radioaktiven Körpern (Uran, Thorium), deren Atome, falls sie in ihre Teile auseinandergehen, kolossale Energiemassen frei machen.

Die Moleküle der chemischen Verbindungen binden noch mehr Energie, denn schon bei ihrer Spaltung in einfachere Körper lassen sie grosse, wenn auch je nach ihrer Kompliziertheit ungleiche Energiemengen frei werden, und diese treten zu jenen Energiequantitäten hinzu, die in den Atomen der einfachen Körper, aus denen die komplizierte Verbindung hervorging, enthalten waren. Die Biomoleküle endlich bezw. die Plastiden, die die lebende Substanz bilden, müssen infolge der ausserordentlichen Kompliziertheit ihrer Zusammensetzung noch grössere Energiemengen in gebundenem Zustande enthalten, als die gewöhnlichen Moleküle komplizierter chemischer Verbindungen. Die Energie-

vorräte der Biomoleküle werden je nach ihrer Kompliziertheit ebenfalls verschieden gross sein müssen. Vor allem werden die Biomoleküle der Gehirnsubstanz, die aus den allerkompliziertesten Eiweissverbindungen aufgebaut sind, Energiemassen binden, von deren Umfang wir uns nicht leicht eine richtige Vorstellung machen [1]).

[1]) Um welche Energievorräte es sich hier handeln möchte, zeigt die Berechnung, dass ein Milligramm Radium bei voller Zersetzung eine Energie entwickelt, die hinreicht, um einen Warenzug von 40 Wagen vier Mal um den Erdball zu bringen. Da die Biomoleküle des Gehirngewebes unvergleichlich komplizierter gebaut sind, so wird es sich hier um noch viel grössere Werte handeln, als beim Radium.

XIV.

Stoffwechsel und Reizbarkeit als Grundeigenschaft der lebenden Substanz.

Mit dem Stoffwechsel hängen auch die Erscheinungen der Reizbarkeit zusammen. Darunter versteht man die jeder lebenden Substanz (von den Protisten bis hinauf zu den höchsten Wirbeltieren) eigentümliche Fähigkeit, auf Aussenreize so zu reagieren, dass die Art und Weise der Reaktion nicht so sehr durch die Aussenwirkung oder durch die physikalisch-chemische Zusammensetzung der stofflichen Bestandteile des betreffenden Organismus, als vielmehr durch jene innere bewegliche Cohäsion bestimmt wird, die den Körpern der toten Natur nicht zukommt und die Grundlage des Lebens bildet. Eine derartige Reaktion kommt in der toten Naturumgebung nicht vor, da die Körper der toten Natur träg sind und ihre Reaktionen auf Aussenwirkungen in direktem Verhältnis zu der Stärke und Art der Aussenwirkung und zu der Zusammensetzung ihrer Bestandteile stehen, nicht aber durch besondere innere Zustände bestimmt erscheinen. Diese Reizbarkeit bildet bekanntlich eine Eigentümlichkeit aller Protisten einschliesslich der Amoeben, ferner der Pflanzen und der höheren Tiere. Sie bestimmt deren Bewegungsvermögen auf Grundlage einer eigentümlichen inneren Umlagerung der Substanzteilchen, die zu Veränderungen des Volums und der Form des Organismus führt und hierdurch sein aktives Verhalten zu der Umgebung sicherstellt.

Den Anstoss zu der Bewegung geben natürlich die Aussenbedingungen, aber bestimmt wird sie durch innere Molekular- oder richtiger Biomolekularveränderungen, die die Grundlage des Stoffwechsels bilden. Daher kann diese Bewegung auf keinen Fall aus gewöhnlichen mechanischen Ursachen verstanden werden und muss auf aktiv zweckmäfsige Äusserungen der lebenden Substanz bezogen werden.

Es besteht demnach ein enger Zusammenhang zwischen den Stoffwechselprozessen und der Reizbarkeit der lebenden Substanz. Dies geht auch daraus hervor, dass günstige Stoffwechselbedingungen das Bewegungsvermögen des Organismus erhöhen und dass andererseits

die Bewegungen des Organismus den Stoffwechsel im lebenden Gewebe befördern.

So erscheint der Organismus als gebundenes physikalisch-chemisches System, an dem dauernd ein bestimmtes Wechselverhältnis zwischen dem Zustande des Systems und dem umgebenden Milieu vorhanden ist. Wenn man den Organismus, wie so oft, mit einer Maschine vergleicht, so unterscheidet sich der Organismus von einer gewöhnlichen, zur Ausführung von Bewegungen eingerichteten Maschine dadurch, dass diese ihr Verhalten zu den Dingen der Aussenwelt nicht bestimmen kann, während die Organismusmaschine ihr Tun und Lassen selbst bestimmt und zwar je nach den vorhandenen inneren Bedürfnissen und in Anpassung an die bestehenden Aussenbedingungen.

Wo die Energiehäufung maximal wird, kann die Kohäsion der Teilchen nur bei einem bestimmten Zustand des Milieu beweglich sein, denn die Energie selbst vermag sich dann nicht dauernd in einem geschlossenen System zu halten, und eine gewisse Anzahl von Substanzteilchen wird fortwährend in einfachere Elemente zerfallen. Aber die zerfallenden Teilchen bauen sich auf Kosten neuer Materialzufuhr immer wieder auf; es kommt also zu einer Regeneration der zerfallenden Substanz, und diese bedingt eben den Stoffwechsel des lebenden Gewebes. Somit wurzelt der Stoffwechsel — die Grundlage jedes lebenden Organismus — vor allem in den kolossalen Energievorräten, die jedem Lebewesen zukommt [1]).

---

[1]) Als Träger der Funktionen bezw. der Energie erscheint nach Verworn ein Teil des Zellprotoplasma, das sog. Biogen, eine ausserordentlich kompliziert zusammengesetzte Eiweissverbindung, die durch ausserordentliche Beweglichkeit nnd Neigung zum Zerfall ausgezeichnet ist. Nach dem Zerfall des Biogen vollzieht sich seine Restitution. Der Stoffwechsel besteht also aus Assimilation und Dissimilation der Biogene. Zur Erhaltung des Lebens bedarf es eines bestimmten Verhältnisses zwischen Assimilation und Dissimilation, das Verworn Biotonus nennt. Unter normalen Bedingungen ist dieses Verhältnis $\left(\frac{A}{D}\right) = 1$. Im gesunden Organismus ist $\frac{A}{D}$ immer $= 1$, trotz des erhöhten Stoffwechsels. In Erschöpfungszuständen überwiegen die Zerfallvorgänge, weshalb $\frac{A}{D}$ kleiner als 1 wird; dagegen im Ruhezustande wird $\frac{A}{D}$ grösser als 1.

XV.

Die Beziehungen zwischen Psyche und Leben.

Allerdings wollen manche Autoren die Lebenserscheinungen von den Seelenerscheinungen getrennt wissen.

„Die Gesamtheit der physikalisch-chemischen Vorgänge in dem Organismus", sagt Danilewski, „ihr gegenseitiger Zusammenhang und ihre Abhängigkeit von einander, das stoffliche und dynamische Verhältnis der Organismen zu der Aussenwelt und die Regulierung dieser Verhältnisse, sowie die Summe aller ähnlichen Erscheinungen, sei es am ganzen Organismus, sei es an seinen Einzelteilen, sei es im sichtbaren oder im verborgenen Leben, bildet den Kollektivbegriff mechanisches Leben, zum Unterschiede von dem Seelenleben, welches bis in die letzte Zeit hinein selbst von Adepten mechanistischer Lebensauffassung etwas abseits gehalten und nur ängstlich in den Vorstellungskreis dieser Weltanschauung eingeführt wurde."

„Während des verflossenen Dezenniums ist man in dieser Beziehung um vieles kühner geworden, wiewohl die Macht der Beweise, die zu einem kühnen Vorgehen berechtigten, was das Wesen der Aufgabe betrifft, nicht im mindesten gewachsen ist. Die Unterscheidung zwischen mechanischem und psychomoralischem Leben ist für die Erforschung des Lebens als ganzes durchaus fruchtbringend und man wird daran schon deshalb festhalten müssen, weil das mechanische Leben eine grössere Einfachheit seiner Verhältnisse darbietet und deshalb der Enträtselung seiner Endursachen weniger Schwierigkeiten entgegensetzt, als die höheren Erscheinungsformen des psychomoralischen Lebens."

Gegen eine solche Unterscheidung zwischen mechanischem und sog. psychischem Leben lässt sich vom methodologischen Standpunkt nicht viel einwenden, ihrem Wesen nach aber ist diese Unterscheidung mindestens ungerechtfertigt. Weder die Erscheinungen des sog. latenten Lebens (Samen, getrocknete und gefrorene Organismen, Winterschlaf höherer Tiere, Lethargie und Scheintod der Fakire infolge von Autosuggestion), das keinerlei sichtbare Lebensäusserungen erkennen lässt, noch das Überleben losgelöster Teile (z. B. Muskeln), noch auch die

bekannten Tatsachen aus dem Leben einfachster Tiere und Pflanzen, die in bezug auf ihr Verhalten zur Aussenwelt unzweifelhafte Anzeichen von Zweckmäfsigkeit aufweisen, begründen meiner Meinung nach in zwingender Weise eine Unterscheidung zwischen mechanischem Leben als selbständiger oder ursprünglicher Erscheinung und einer neuro-psychischen Tätigkeit, die bekanntlich von der lebenden Substanz völlig untrennbar ist.

Denn es erscheinen selbst Ernährung und Stoffwechsel in vollem Umfange nur bei Vorhandensein jener fundamentalen Lebenserscheinung möglich, die den Begriff Reizbarkeit umfasst. Ohne diese Erscheinung ist eine Aufrechterhaltung der für die Ernährung geeigneten Aussenbedingungen offenbar undenkbar, und zwar ebenso undenkbar wie die Aufrechterhaltung der Integrität des Organismus, und da der Anstoss zu gesteigertem Gewebsersatz stets von mit der Aktivität des Protoplasma notwendig zusammenhängendem Stoffverbrauch herrührt, so ist ersichtlich, dass auch der Stoffwechsel selbst nur bei Vorhandensein von Reizbarkeit gedacht werden kann. Aber Reizbarkeit ist bereits primärer Reflex und Prototyp einer reflektorischen Nerventätigkeit, deren weitere Komplikationen zu neuro-psychischen Funktionen führen.

Auch bei den höheren Tieren, bei welchen die Funktion des Verkehrs mit der Aussenwelt von einem Nervensystem übernommen wird, befinden sich Ernährung und Stoffwechsel, wie gegenwärtig auf Grund zahlreicher experimenteller und klinischer Tatsachen aus dem Gebiete der Neuro- und Psychopathologie sicher feststeht, in einer bestimmten Abhängigkeit von der Tätigkeit des Nervensystems, welches ungeheure Energievorräte in sich anhäuft. Es kann als allgemeines Gesetz gelten, dass die Lebensverrichtungen aller spezifischen Zellgewebe höherer Organismen von dem Nervensystem abhängen [1]).

Reizbarkeit als motorische Reaktion auf Aussenwirkungen ist also eine notwendige Vorbedingung allen Stoffwechsels und aller Gewebsernährung. Allein Reizbarkeit eines organisierten lebenden Körpers ist nicht gleich der Reaktion lebloser, toter Massen auf äussere Reize, wie etwa Zusammenziehung und Ausdehnung eines Körpers infolge eines von aussen kommenden Stosses. Es handelt sich hier vielmehr um eine zweckmäfsige Reizbarkeit lebender Gewebe, die den Körpern der toten Natur abgeht und die bei den höheren Organismen durch das Vorhandensein bestimmter Nervenganglien bedingt erscheint und folglich von neuro-psychischer Energie abhängt. Daraus folgt, dass das Leben der höheren Organismen untrennbar an das Bestehen neuro-psychischer

[1]) M. Benedikt, Das biomechanische (neo-vitalistische) Denken in der Medizin und in der Biologie. 1903, S. 17.

Energie und durch sie bedingter entsprechender Reaktionen des lebenden Organismus auf Ausseneinflüsse gebunden ist.

Diese zweckmäfsige Reizbarkeit oder Tätigkeit des Organismus bewirkt die Aufnahme der Nährstoffe und die Ablehnung unzuträglicher oder schädlicher Substanzen. Das Annehmen und Ablehnen geschieht zwar auf Grund erblich befestigter Vorgänge, aber beides gehört zu den Grundtatsachen des Lebens als Prototyp einer neuro-psychischen Tätigkeit, die schliesslich, bei aller Kompliziertheit, auf Annahme, Ergreifen und Anfallen gegenüber nützlichen, auf Entfernen und Abwehr gegenüber schädlichen Aussenwirkungen hinauskommt; und hier erscheint das eine wie das andere nicht nur durch Erblichkeit bedingt, sondern auch auf persönlicher Erfahrung beruhend; es ist mit anderen Worten nicht Ergebnis erblicher Erfahrung ganzer Generationenreihen, sondern Folge der Erfahrung, die das Individuum selbst im Laufe seiner Eigenentwickelung erwarb. Es ist daher klar, dass Reizbarkeit als Grundlage des Stoffwechsels und die in den Nervenzentren herrschende komplizierte neuro-psychisch genannte Tätigkeit ihrem Wesen nach nicht von einander verschieden sind.

Würde jemand behaupten, dass die neuro-psychische Tätigkeit sich von gewöhnlicher Reizbarkeit dadurch unterscheide, dass es sich im ersten Fall, soviel wir aus innerer Erfahrung wissen, um eine Tätigkeit handele, die von subjektiven Zuständen oder Bewusstsein begleitet sei, so wäre zu bemerken, dass kein Grund vorliegt, die Möglichkeit subjektiver Zustände in Gestalt elementarer Empfindungen auch bei einfacher Reizbarkeit zu leugnen, nur dass ein Beweis dafür aus begreiflichen Gründen nicht zu erbringen ist. Auf jeden Fall ist nicht zu bezweifeln, dass bei einfachsten tierischen Wesen die Vorgänge des Stoffwechsels und der Ernährung von bestimmten Einflüssen auf die allgemeine Reizbarkeit ebenso begleitet sind, wie bei den höheren Tieren. Es ist bekannt, dass bei den höheren Tieren Überfluss und Mangel an Nahrungszufuhr, unter Umständen auch die Vorgänge der Verdauung und manche der Fortpflanzung förderliche Erscheinungen von allgemeiner Schlaffheit begleitet sind. Es darf daher wohl nicht Wunder nehmen, dass mehr oder weniger günstige Bedingungen der Ernährung und des Stoffwechsels bei niederen Tieren ebenfalls von allgemeiner Schlaffheit und verminderter Reizbarkeit begleitet erscheinen. Wer die langsamen, schläfrigen Bewegungen satter Tiere, besonders von Schlangen während der Verdauung, beobachtet hat, wird schwerlich bezweifeln, dass die Vorgänge der Verdauung bei diesen Geschöpfen von gewissen allgemeinen Reizbarkeitserscheinungen begleitet sein möchten, und bei allen niederen Tieren, einschliesslich der Protisten, stellen die Vorgänge der Ernährung und des Stoffwechsels in noch höherem Grade als bei den Schlangen, als Mittelpunkt der Lebenserscheinungen sich dar. Andererseits kommt

es nach dem Abschluss des Verdauungsprozesses zu einer allgemeinen Belebung des Organismus und zur Erhöhung der Reizbarkeit.

Daher kann der Stoffwechsel niederer Tiere nicht ohne Veränderungen ihrer Reizbarkeit vor sich gehen, und damit gelangen wir notwendig zu dem Schlusse, das Leben sei eng gebunden an die Äusserungen einer Energie, welche die Grundlage der beweglichen Kohäsion der sog. Biomoleküle bildet und die bei den höheren Tieren besondere Anhäufungen im Zentralnervensystem als Grundlage der neuro-psychischen Tätigkeit erzeugt.

Freilich leugnen einige Forscher das Dasein einer elementaren Psyche bei den Protisten, indessen, wie uns scheinen will, ohne ausreichende Begründung, wenn man sich das Psychische als komplizierte Reaktion auf Aussenwirkungen, die auf Grund gewonnener Erfahrung erfolgt, denkt. Aber auch gesetzt, niederen Protisten komme ein Subjektivismus bezw. ein Bewusstseinsvermögen nicht zu, so kann ihnen der Besitz einer komplizierten Aussenreaktion, die der neuro-psychischen Tätigkeit höherer Tiere entspricht, nicht abgesprochen werden. Mir scheint aber, dass Forscher, die den einfachsten Tieren elementare psychische Äusserungen absprechen, schon deshalb fehlgehen, weil dann das Auftreten der neuro-psychischen Tätigkeit in der phylogenetischen Stufenleiter der Geschöpfe zu einem unlösbaren Rätsel wird. Man findet zwar bei niederen Organismen keine Nervenelemente, aber ihr Protoplasma steht, wenigstens seiner Konstitution nach, dem Protoplasma der Nervenzellen der höheren Tiere näher, als die nicht nervösen Zellbestandteile dieser letzteren. Bei niederen Tieren ohne Differenzierung der Gewebe sind die Elemente des Nervengewebes offenbar mehr oder weniger gleichmäfsig über das ganze Protoplasma verteilt, woraus folgt, dass auch hier die Reizbarkeit nicht ohne Hinzutun von Bestandteilen des Nervensystems sich vollzieht.

Es liegt näher, sich Leben und Psyche als Ausdruck einer komplizierten Nerventätigkeit durch eine beiden gemeinschaftliche Energie bedingte Erscheinungen vorzustellen, als anzunehmen, Leben und Psyche seien jedes etwas für sich bestehendes. Denn bei letzterer Voraussetzung erwachsen uns folgende Fragen: 1) Was ist Leben, und von welchen inneren Impulsen wird dasselbe bedingt? 2) Was ist das Psychische, und wodurch wird es bedingt? 3) Wann, d. h. auf welcher Stufe der Tierreihe tritt es zuerst auf, und welches sind die Ursachen seines Auftretens? 4) Welche wechselseitigen Beziehungen bestehen zwischen Leben und Psychischem?

Alle diese im wesentlichen unlösbaren Fragen fallen von selbst fort, wenn man annimmt, alle Lebensvorgänge seien bedingt durch eine Energie, welche auch den neuro-psychischen Vorgängen zugrunde liegt, mit denen auf bestimmten Entwickelungsstufen mehr oder weniger zu-

sammengesetzte, auf früherer Erfahrung beruhende Reaktionen verbunden sind, und wenn anerkannt wird, dass schon an der Schwelle des Lebens Keime des Psychischen zu finden sind.

In niederen Organismen ohne Nervensystem zeigt das Protoplasma als lebende Substanz ebenfalls eine zweckmäfsige Reizbarkeit, die einen ersten Keim der neuro-psychischen Tätigkeit andeutet, da alle Äusserungen der Neuropsyche höherer Tiere im Grunde als weitere Ausbildung elementarer Formen der Reizbarkeit sich darstellen. Und da wir uns lebendes Protoplasma nicht ohne Reizbarkeit vorstellen können, so ist hier zwischen Leben und Psyche im obigen Sinne das denkbar innigste Verhältnis gegeben.

Auf jeden Fall finden wir eine so grundlegende Lebenserscheinung, wie den Stoffwechsel der Protisten, in direkter Abhängigkeit von der Art und Weise, wie der Organismus auf den ihn umgebenden Nährboden reagiert, und diese Reaktion hinwiederum erscheint als Ausdruck einer zweckmäfsigen Reizbarkeit, als deren weitere Komplikation in der phylogenetischen Reihe der Tiere die neuro-psychischen Organismusfunktionen auftreten.

Bei den höheren, mit einem Nervensystem ausgestatteten Organismen erscheint das gegenseitige Verhältnis zwischen Leben und Psyche, auf den ersten Blick nicht so einfach. Die beiden Erscheinungsreihen können sich als getrennt darstellen. Es genügt aber eine einfache Überlegung, um einzusehen, dass auch bei den höheren Tieren Leben und Psyche in direkter und nächster Beziehung zueinander stehen. Die Reizbarkeit der höheren Organismen, ihr Reagieren auf die Aussenwelt setzt ja ebenfalls eine bestimmte Abhängigkeit ihrer Teile von einem gemeinsamen regulatorischen Mechanismus im Nervensystem voraus, das zugleich Sitz der sog. neuro-psychischen Tätigkeit, äusserlich charakterisiert durch komplizierte Reaktionen des Organismus, in welchen frühere Erfahrung eine gewisse Rolle spielt, ist. Und Reizbarkeit erscheint ja als notwendige Vorbedingung von Ernährung und Stoffwechsel.

Wenn diese Abhängigkeit auf den ersten Blick nicht so tiefgehend erscheint, als dass die Vorgänge der Gewebsernährung nicht auch an und für sich ohne ein Hinzutun des Nervensystemes sich vollziehen könnten, so ist zu erwägen, dass bei den höheren Tieren zwischen den Organen eine strenge Arbeitsteilung besteht und dass die Vorgänge der Ernährung hier untrennbar mit der Zirkulation verbunden sind, die voll und ganz von der Tätigkeit des Nervensystemes abhängt und jeden sog. psychischen Impuls prompt zum Ausdruck bringt.

Das Ineinandergreifen von Leben und Psyche der höheren Tiere ergibt sich auch aus folgendem. Jeder Organismus ist nach Herbert Spencer eine gebundene Ungleichartigkeit, worunter wir eine bestimmte „Harmonie“ im Sinne von Bichat zu verstehen haben und die Bourdot

in charakteristischer Weise wie folgt beschreibt[1]): „Denkt man an die Mannigfaltigkeit der Organe, die den menschlichen Körper zusammensetzen, an die Mannigfaltigkeit der Gewebe, die zum Aufbau der Organe dienen, an die überraschende Zahl der Plastiden, die in den Geweben versammelt sind, an die Zahl der Derivate oder Urreste jedes organischen Moleküls, so übertrifft die Zahl der Teile, Teilchen und Urteilchen, die wir dann vor uns haben, alles, was die Phantasie sich auszumalen vermag und grenzt direkt an das Unendliche. Die sukzessiven Gruppierungen dieser Elemente ordnen sich einander unter und erzeugen hierarchische Reihen, die schliesslich zur Einheit des Organismus führen. In ihrem fortwährenden Streben nach Verlagerung, Veränderung und Erneuerung sammeln sich diese Elemente, kombinieren sich untereinander und trennen sich nach den geheimnisvollen Gesetzen des Gleichgewichtes. Ohne dass wir es ahnen, vollziehen sich in uns beständig Vorgänge von Organisation und Synthese, um die ungeheure Zahl der Elemente durch gleichzeitiges Wirken mechanischer, physikalischer, chemischer, plastischer und funktioneller Agentien zu der einheitlichen Individualerscheinung des Lebens zu verknüpfen."

Es fragt sich nun aber: was bedingt dieses „gebundene Gleichartige", diese „Harmonie" in dem Organismus? Unzweifelhaft die allgemeine Unterordnung aller Organismusfunktionen unter das Nervensystem. Denn die Funktionen der Ernährung, Blutzirkulation, Atmung, des Wärmehaushaltes, der Vermehrung befinden sich ohne jede Frage in einer direkten Abhängigkeit von dem Nervensystem. Die Erfahrung spricht entschieden dagegen, dass es überhaupt irgendwo Gewebe gibt, die in ihren Lebensverrichtungen von dem Nervensystem unabhängig wären.

Jedenfalls stehen die Vorgänge der Ernährung und des Stoffwechsels in voller Abhängigkeit von dem Nervensystem und von den neuro-psychischen Tätigkeiten. Gewisse Veränderungen der Ernährung und der Blutzirkulation werden durch Erkrankungen des Nervensystemes, sowie durch neuro-psychische Einflüsse bedingt[2]).

Da die Energievorräte der höheren Tiere sich im Nervensystem als Accumulator anhäufen, so ist gerade hier der Einfluss der neuro-psychischen Energie auf die Gewebsernährung am leichtesten zu verfolgen. Sobald man eine zentrifugale Leitung durchschneidet und dadurch einen Muskel von der Wirkung des Zentralnervensystems und seiner Energie

[1]) Bourdot, Problème de la vie, p. 34.

[2]) Vgl. hierzu meine Schrift: „Die Hypnose und ihre Bedeutung als Heilmittel". Nervenkrankheiten in Einzelbeobachtungen. Heft 1. 1894. „Die Heilwirkungen der Hypnose". St. Petersburg 1900. S. auch Therapeutische Wochenschrift. — Auch der sog. „psychische" Verdauungssaft (Pavlov) hat nahe Beziehungen zu diesem Gegenstande.

ausschliesst, beginnt sogleich ein langsames Absterben des peripheren Teiles des Nerven und des Muskels, eine Degeneration, die zu vollständigem Schwunde beider und zu ihrem Ersatz durch Bindegewebe führt.

Dieses allmähliche Absterben von Nerv und Muskel ist offenbar eine Folge des Hinwegfalles von Nervenimpulsen, die von der Energiewirkung der Zentra ausgehen; denn blosser Mangel von Bewegung ruft, selbst wenn er längere Zeit anhält, keine derartigen Erscheinungen hervor. Vorgänge allmählichen Absterbens bezw. Degenerierens kennt man nicht nur an Nerven und Muskeln, die von ihren nächsten Zentren getrennt wurden, sondern auch hinsichtlich aller aus Epithel bestehenden Drüsen. Auch hier kommt es nach Durchschneidung der nächsten, sog. trophischen Nervenleitung zur Degeneration und Atrophie der drüsigen Elemente ausschliesslich infolge des Fortfalles der Erregungen, die von den energietragenden Nervenzentren ausgehen. Widersteht das Drüsengewebe in einigen Fällen dem Einfluss der Nervendurchschneidung, dann kann man gewiss sein, dass periphere Nervenganglien vorliegen, deren Tätigkeit die Gewebsernährung unterhält. Würde man den Einfluss dieser peripheren Zentren ausschliessen oder sie selbst vernichten, so käme eine volle Degeneration des Gewebes zustande.

Schwerer darstellbar sind die im Anschluss an den Fortfall der Nervenimpulse auftretenden Störungen der Gewebsernährung bezw. Atrophie- und Degenerationserscheinungen in der sog. Bindegewebsgruppe. Aber auch hier haben wir auffallende Beispiele von Atrophie der ganzen Haut und des Unterhautzellgewebes auf rein nervöser Grundlage bei der sog. progressiven Gesichtsatrophie; man kennt ferner Fälle von Atrophie der Knochen und Knorpel nach Nervendurchschneidung, nach Erkrankungen der Vorderhörner des Rückenmarkes usw. Auch hier, im Bereiche der Bindegewebsgruppe, ist der Einfluss der vom Nervensystem ausgehenden Impulse auf die Gewebsernährung zweifellos zu erkennen, nur dass diese ihrer Natur nach widerstandsfähigeren Gewebe weniger langsam degenerieren, als andere Gewebe.

Da ferner die Blutzirkulation bezw. die Versorgung des Körpers mit Nährstoffen direkt von Impulsen des Nervensystems abhängt, so folgt daraus, dass die Gesamternährung bei den höheren Tieren dem Einfluss der Energie der nächsten und der entlegeneren Nervenzentra unterworfen ist.

Kurz, alle Teile des Organismus der höheren Tiere sind in ihren Lebensäusserungen dem Nervensystem als Träger der neuro-psychischen Energie untergeordnet. Zwar sind nicht alle Teile des Nervensystems der höheren Tiere neuro-psychisch tätig, doch ist ein Keim der als neuro-psychisch bezeichneten komplizierten Tätigkeit, sozusagen das Psychische in potentia, unzweifelhaft schon im Rückenmarke und selbst in noch niedrigeren Zentren anzunehmen. „Diese Zentra, bemerkt aus-

drucksvoll Bourdot mit Bezug auf das Rückenmark, fliessen miteinander so zusammen, dass sie eine Art kleines Gehirn darstellen, das, einfacher gebaut, sein besonderes Bewusstsein hat, seine eigene Erziehung erhält, Gedächtnis und Willen aufweist. Hier findet sich die Stätte einer formalen Vernunft, die zwar gering an Umfang ist, aber hinreicht, um die Bewegung dem Ziele anzupassen, wobei diese Anpassung sich im Organismus ohne ein Bewusstsein des Zieles auf Grund erblicher Überlieferung vollzieht[1]). Was die Tätigkeit der peripheren Zentra und der sympathischen Ganglien betrifft, so lehrt uns, bemerkt Bourdot, die Physiologie immer mehr lokale Zentra von Nervenwirkungen kennen. Ihre Zahl ist so gross, wie die Anzahl der Organe, die besondere Eigenschaften haben. Jedes dieser Organe wird von einem besonderen Nervenknötchen regiert, das eine Eigentätigkeit ausübt, seine eigene Empfindlichkeit, sein eigenes Gedächtnis, seine besonderen Energiequellen hat."

Wie man aber diesen Gegenstand auch auffassen will und selbst wenn man von dem Bewusstseinsvermögen des Rückenmarkes und der niederen Zentra ganz absieht, darf immerhin angenommen werden, dass die niedersten Teile des Nervensystems in der Phylogenese ursprünglich als neuro-psychische Organe im Sinne der Entfaltung seiner komplizierten Nerventätigkeit funktionieren. Endlich sind sämtliche Teile des Nervensystems ihrerseits unzweifelhaft höheren Zentren, die als Sitz einer komplizierten Tätigkeit, die man als neuro-psychisch bezeichnet, erscheinen, untergeordnet, und stehen mit ihnen in Zusammenhang. Wir wissen gegenwärtig auf Grund experimenteller Befunde, die zu einem grossen Teil meinem Laboratorium und mir selbst angehören, dass die Tätigkeit des Herzens, der Lungen, des Magendarmkanals, der Harn- und Geschlechtsorgane, sowie die sekretorischen Funktionen des Magens und der Därme, der Leber, der Nieren, der Samendrüsen, der Schweiss- und sonstigen Hautdrüsen, endlich der Tränendrüsen bestimmten Hirnrindenzentren untergeordnet sind, die mit allen übrigen Zentren der Gehirnrinde funktionell zusammenhängen[2]).

Demnach besteht zweifellos eine Abhängigkeit der Lebenserscheinungen unserer sämtlichen Körperorgane von dem Organ der neuro-psychischen Tätigkeiten. Einzelne Organe mit peripheren Eigenzentren, wie z. B. das herausgeschnittene Herz, sind auch ohne neuro-psychische Mitwirkung lebensfähig, aber hier macht sich die Energie eben dieser

[1]) a. a O., S. 42. B.'s Auffassung bezüglich des Bewusstseins und Willens im Rückenmarke teile ich übrigens nicht; die subjektive Seite der neuro-psychischen Prozesse kann nur mittels Selbstbeobachtung verfolgt werden, die uns über ein Bewusstsein oder einen Willen im Rückenmarke nichts aussagt.

[2]) W. Bechterew, Die Grundlage der Lehre von den Gehirnfunktionen. Bd. VI.

peripheren Herzganglien geltend, eine Energie, die wir in den neuro-psychischen Verrichtungen der höheren Zentra als wirksam wiederfinden. Auf jeden Fall ist die Gesamtheit der Vorgänge, die wir Leben nennen und die ein selbständiges Existieren eines lebenden Organismus oder eines seiner Teile voraussetzt, ohne Mitwirkung von neuro-psychischer Energie undenkbar. Das herausgeschnittene Herz pulsiert, solange seine Nervenganglien noch eine Spur von Energie enthalten und nicht abgestorben sind; das Pulsieren kann noch einige Zeit dauern, und selbst das bereits zum Stillstande gelangte Herz von Tieren und menschlichen Neugeborenen kann, wie neuere Untersuchungen bezeugen [1]), noch in Tätigkeit gebracht werden, falls man die Ernährung seiner Zellen und speziell der Herzganglien mit Locke'scher Flüssigkeit künstlich erneuert und unterhält. Das Herz kann unter Umständen längere Zeit lebensfähig bleiben, aber nur so lange, als seine Nervenganglien tätig sind. Das Leben als Ganzes, wie wir es in jedem tätigen Organismus finden, ist als mit der Nerventätigkeit bezw. mit dem Neuro-Psychischen untrennbar verbunden. Wenn beide Erscheinungen nicht mit einander verbunden sind, so setzt die Existenz der einen die andere voraus. Wo Lebensäusserungen vorübergehend sich an isolierten Körperorganen vollziehen, da geschieht dies unter fortdauernder Tätigkeit der zusammen mit den Organen abgetrennten Nervenganglien und dabei in Gestalt eines mehr oder weniger langsamen Absterbens, das unter allmählicher Zunahme unweigerlich zum Tode unter Aufhören der Tätigkeit der Nervenganglien führt.

Was für höhere Organismen zutrifft, hat im wesentlichen auch für die niederen Geltung, deren periphere Ganglien weniger von den höheren Zentren abhängen. Bei den Protisten haben wir, da ein besonders differenziertes Nervensystem fehlt, eine diffuse Energieausbreitung im Protoplasma des Körpers, das wohl die Elemente des Nervengewebes der höheren Tiere in sich umfasst.

Dies führt notwendig zu dem Schlusse, die lebende Substanz, indem sie die ihr notwendigen Stoffe aus der Aussenwelt schöpft und ihre Ausscheidungen nach aussen hin abgibt, sei (wenigstens bei den höheren Organismen) in ihrer Existenz bedinglos an eine neuro-psychische Energie gebunden, die die Grundlage des Lebens und der neuro-psychischen Vorgänge bildet. Jeder tierische Organismus muss uns von diesem Standpunkte aus als Agens erscheinen.

Aber der Begriff des tierischen Organismus als Agens darf keineswegs in einen Gegensatz zu dem Begriffe der toten Materie gebracht werden, bildet vielmehr nur eine Ergänzung desselben, denn auch auf lebende Wesen finden sämtliche Gesetze der Physik und Chemie Anwendung mit

[1]) Vgl. Kuljabko, Nachr. d. Akad. d. Wiss. St. Petersburg 1902. Hierher gehören auch Untersuchungen von Bočarov.

der Einschränkung, dass innerhalb solcher Wesen eine Energie wirksam ist, welche auf dem Wege beständiger Verwandlungen bestimmte Beziehungen zu den übrigen Energien der umgebenden Natur eingeht. Leben ist deshalb nirgends denkbar ohne Energie. Denn das Leben selbst, jenes unfassbare Etwas, welches Teile eines leblosen Milieu zu einem zusammen beweglichen System verbindet, in dem Stoffzerstörung und Stofferneuerung ununterbrochen miteinander abwechseln, ist nichts anderes, als beständige Umsetzung äusserer Naturenergien in Energie des Organismus, die bei den höheren Tieren zur Bindung und Anhäufung dieser letzteren in den Zentralorganen führt und zugleich eine beständige Abgabe dieser Energie bei aktivem und zweckmäfsigem Verhalten des Organismus zur Aussenwelt bedingt.

XVI.

Evolution und Zuchtwahl

Allgemein wird angenommen, es sei vor allem das Milieu derjenige Faktor, der die Veränderlichkeit der Organismen bestimme. Die Vervollkommnung der Arten soll auf mehr oder weniger ausbgiebiger Anpassung derselben an die Bedingungen des umgebenden Milieus beruhen. Infolge dieser oder jener Umstände aus bestimmten Verhältnissen verdrängt und unter neue Lebensbedingungen gebracht, wird ein Organismus von gegebener Form entweder entarten und im Kampfe mit den neuen Existenzbedingungen unterliegend, zugrunde gehen oder aber im Gegenteil bestimmte Modifikationen erfahren und in Anpassung an die neuen Verhältnisse erstarken. Bestimmte Veränderungen der Organisation werden dem Organismus dabei nur dann bedingungslos Nutzen bringen, wenn sie den bestehenden Bedingungen des Milieu als völlig entsprechend sich erweisen. Das Milieu erscheint daher, nach den herrschenden Begriffen, bestimmender Faktor für die Anpassungsvorgänge der Organismen, ein als Satz, dessen Richtigkeit daraus hervorgehen soll, dass alle Anpassungen von Organismen den Bedingungen des umgebenden Milieu entsprechen. Nun gibt es aber zweifellos auch Abweichungen in der Organismenentwickelung, die nicht den Bedingungen des Milieu entsprechen, bedingt durch gewisse anormale Einflüsse, die den Organismus während seiner Entwickelung betreffen. Allein solche Abweichungen oder Missbildungen befördern, weil unter den gegebenen Verhältnissen nutzlos und in der Mehrzahl der Fälle dem Organismus sogar schädlich und hinderlich, den Untergang derartiger Formen und somit das Verschwinden unzweckmäfsiger Anpassungen innerhalb einer Gattung.

Nur unter künstlich herbeigeführten Bedingungen können solche Abweichungen in der Nachkommenschaft gefördert und festgehalten werden, wie an Beispielen gewisser domestizierter Tiere und Kulturpflanzen sich dartun lässt. Da jedoch selbst solche Abweichungen imgrunde nicht dem betreffenden Organismus, sondern dem Menschen von Nutzen sind, so erhalten sie sich nur so lange, als sie der Mensch durch besondere Fürsorge um die Bedürfnisse des Organismus jener

Tiere und Pflanzen aufrecht erhält. Alle durch solche künstliche Zuchtwahl erworbene Merkmale und Besonderheiten domestizierter Tiere und Kulturflanzen gehen verhältnismäfsig schnell verloren, sowie letztere in den Zustand der Freiheit zurückkehren, wo jene Eigentümlichkeiten, durch die Verhältnisse des Milieu nicht gefördert, dem Organismus häufig entbehrlich und hinderlich werden.

Bekanntlich definiert Herbert Spencer das Leben als eine Anpassung der inneren Verhältnisse an die Aussenverhältnisse. Das ist aber eine höchst einseitige Definition. Sie umfasst nicht nur nicht die Umgestaltungen der Aussenbedingungen im Dienste des Organismus, sondern es fehlt darin auch jeder Hinweis auf jene Grundtatsache der Lebensäusserungen, die sich in einem aktiv-zweckmäfsigen Verhalten der Lebewesen zu der umgebenden Aussenwelt ausspricht und die eben das Lebende von allen Toten und Leblosen unterscheidet.

Die Evolution der Organismen erläutert Herbert Spencer als einen allmählichen Übergang von ungebundener Gleichartigkeit zu gebundener Ungleichartigkeit [1]). Aber bei allen jenen Umwandlungen, die die Evolution begleiten, geht nie die Einheitlichkeit der Organisation verloren, jene Harmonie, von der schon nach Bichats Bestimmung das Leben im Gegensatz zum Tode bezw. zur gestörten Harmonie abhängt [2]).

Was die Theorie der Entwickelung von Organismen durch natürliche Zuchtwahl im Kampfe ums Dasein betrifft, so ist über das Unzureichende dieser Hypothese mit bezug auf die Entwickelung der Lebewesen in lezterer Zeit so viel geschrieben worden, dass eine nähere Betrachtung dieses Gegenstandes hier fortfallen kann. In Betracht kommt hier zunächst die natürliche Zuchtwahl, da die Bedeutung der sexuellen Zuchtwahl gegenwätig selbst von Darwinisten (Wallace, Gross) bestritten wird. Es gewinnt gegenwärtig immer mehr eine Anschauung an Boden, wonach an der Entwickelung der Organismen ausser den erwähnten Bedingungen auch das Neuro-Psychische einen wirksamen Anteil nimmt.

In dieser Hinsicht deutete bereits Lamarck, der Schöpfer der Evolutionslehre, auf die hohe Bedeutung der Übung in der progressiven Entfaltung von Organen, die noch nicht an der Grenze ihrer Entwickelungsfähigkeit angelangt sind, während Fehlen von Übung zu Schwächung und schliesslich zu völligem Schwund eines Organes hinführt. Beide Arten so erworbener Organveränderungen werden nach Lamarck in der Nachkommenschaft durch Vererbung befestigt.

Die Ideen Lamarcks mussten ihrerzeit vor der Autorität eines Cuvier in den Schatten treten. Später schuf Darwin eine Theorie

[1]) Herbert Spencer, Principles of Biology.

[2]) Bichat, Recherches physiologiques sur la vie et la mort. Paris.

der Entwickelung der Organismen in anderer Richtung, indem er auf dem Boden des Kampfes um das Dasein die Wirkungen einer übermächtigen natürlichen und geschlechtlichen Zuchtwahl begründete und die Bedeutung zufälliger geringfügiger Abweichungen der Organisation, die sich unter entsprechenden Verhältnissen der Umgebung dem Organismus als nützlich erweisen und darum auf dem Wege der Vererbung festgehalten werden, mit Bestimmtheit betonte.

Unbeschadet der von Darwin aufgeführten Entwickelungsfaktoren, hat es den Anschein, dass sie bei weitem nicht jene ausschliessliche Bedeutung haben, die ihnen Darwin und seine Nachfolger beimafsen und die in letzterer Zeit von manchen Forschern als zweifelhaft erkannt wird.

Zunächst wird von mancher Seite betont, dass jener ununterbrochene harte Kampf der Arten um ihre Existenz, der im Zentrum von Darwins Zuchtwahltheorie, in Wirklichkeit oft nicht existiert. Wo ein solcher Kampf der Arten und Individuen etwa stattfindet, da ist er häufig weder hart noch ununterbrochen. Das Aussterben von Arten hängt oft nicht von einem Kampf derselben unter einander ab, wie man dies gewöhnlich annimmt, sondern von den Bedingungen der Naturumgebung, von klimatischen, elementaren und dergleichen Zuständen. Schwer zu verstehen ist auch der Nutzen geringfügiger Abweichungen der Organisation, die erblich erworben werden. Wir werden ferner im folgenden Tatsachen finden, die dartun, dass in der Wirklichkeit häufig nicht geringfügige, sondern im Gegenteile höchst rapide Veränderungen der Organisation sich vollziehen, die gewissermafsen den Charakter des Sprungweisen darbieten, und dass dies namentlich bei der Artenkreuzung häufig zu beobachten ist. Ganz analoge schnelle Veränderungen der Organisation sind auch im Individualleben der Tiere und Pflanzen bei Veränderungen der Ernährungsbedingungen usw. möglich, ohne einen Einfluss erblicher Faktoren und ohne jeden Daseinskampf, also auch ohne das Hinzutun einer natürlichen Zuchtwahl.

Doch ist die Entwickelung der Organismen auf keinen Fall von dem blossen Spiel eines Zufalles abhängig zu machen. Dies gibt es weder in der Natur noch in der Wissenschaft. Im Gegenteil, gerade die Aktivität des Organismus spielt im Evolutionsprozesse eine hervorragende Rolle.

Bekanntlich liegt die Lehre Darwins in folgender einfacher Formel: Wie der Tierzüchter die Rasse verbessert und nur die besten Individuen zur Kreuzung wählt, so kann auch in der Natur eine Zuchtwahl stattfinden, derart, dass nur solche Formeln erhalten bleiben, die den Lebensbedingungen am besten angepasst sind. Nur erscheint das, was die

Zuchtwahl tut, in der Natur nicht als Wahl des Tierzüchters, sondern als Daseinskampf[1]).

Der Organismus ist aber eine sich selbst regierende Maschine mit äusserst beweglichen Innenmechanismus. Grundbedingung des Lebens ist Tätigkeit und Ernährung. Zu den ungünstigen Bedingungen gehören Nahrungsmangel bei gesteigerter Tätigkeit; dies führt zu Krankheit und Degeneration. Gute Ernährung, aber auch mangelhafte Tätigkeit erzeugen Parasitismus. Darauf beruhen drei Richtungen im Leben der Organismen: progressive Entwickelung, Parasitismus und Degeneration.

Kampf ums Dasein und natürliche Zuchtwahl sind nur Hilfsfaktoren der Lebenstätigkeit eines Organismus. Eine regelrechte Ernährung sichert dem Organismus Wachstum, Entwickelung und Vermehrung. Andererseits braucht weder ein Daseinskampf, noch die Vorbedingung einer natürlichen Zuchtwahl vorhanden zu sein und können Organismen allein auf Grund der Ernährungsbedingungen aussterben oder zum Parasitismus übergehen, der übrigens vom Standpunkte des Darwinismus an und für sich wenig verständlich erscheint.

Vom Standpunkte des Darwinismus ist unerklärlich, warum bei männlichen Individuen, denen in früher Jugend die Hoden zerstört wurden, sich nicht die sekundären Sexualmerkmale ausbilden. Da solche ihrer Geschlechtsdrüsen beraubte Individuen befruchtungsunfähig sind, so kann hier natürlich von einem ererbten Fehlen der sekundären Sexualmerkmale nicht die Rede sein. Ist dem aber so, dann erscheint der Zusammenhang zwischen Geschlechtsdrüsen und sekundären Sexualmerkmalen aus natürlicher Zuchtwahl nicht erklärbar. Der Darwinismus liefert uns ebensowenig eine Erklärung für den Zusammenhang zwischen Geschlechtsdrüsen und den Trieb zum anderen Geschlecht. Es handelt sich bei diesen Organkorrelationen darum, dass Veränderungen an einen Teil des Organismus Veränderungen an anderen Teilen hervorruft. Hier stört nicht nur der Darwinismus auf unerklärliche Dinge, sondern auch die Präformation im Sinne Weissmanns steht damit in einem auffallenden Widerspruch[2]).

Der heutige Darwinismus oder richtiger Neodarwinismus beschränkt die Bedeutung der natürlichen Zuchtwahl für die Organismenentwickelung. Dantek, einer der hervorragendsten Vertreter dieser Schule, erklärt mit voller Bestimmtheit, die natürliche Zuchtwahl könne keineswegs als Entwickelungsfaktor gelten. Krol[3]) bezeichnet den Ausdruck natürliche Zuchtwahl an und für sich als unzutreffend, da derselbe zu

[1]) E. v. Hartmann, Wahrheit und Irrtum im Darwinismus.

[2]) Schon Hartmann sah in den Korrelationserscheinungen eine schwache Seite des Darwinismus; Haacke suchte auf Grund derselben die Weissmannsche Vererblichkeitstheorie zu entkräften.

[3]) Krol, Philosophische Grundlagen der Evolutionstheorie.

der Vorstellung veranlassen könnte, die Natur selbst treffe eine Art Auswahl, während in Wirklichkeit natürliche Zuchtwahl nichts anderes sei als ein Überleben der Bestangepassten. Aber auch dieser Ausdruck, erklärt K., lässt ein gewisses Etwas bei Seite, ohne welches er ebenfalls Missverständnisse zu veranlassen geeignet ist. Genauer präzisieren wir den Begriff, wenn wir sagen: „Natürliche Zuchtwahl ist ein Überdauern der Bestangepassten, bedingt durch Untergang der Nichtangepassten. Das in der früheren Formel weggelassene Element des Unterganges der Nichtangepassten ist für den Vorgang ebenso wichtig, wie das Überleben der Bestangepassten, denn gerade jenes bedingt deren Erhaltung.

Bedeutet aber „natürliche Zuchtwahl" einfaches Überleben der Angepassten infolge Unterganges der Nichtangepassten, so kann sie nichts hervorbringen. Einfache Zerstörung von etwas vorhanden gewesenem konnte das Vorhandene nicht hervorbringen. Ein solcher Gedanke wäre Widersinn. Die natürliche Zuchtwahl ist keine wirksame Ursache. Sie hat keine schöpferischen Kräfte, keine positiven Wirkungen."

Andererseits setzt eine natürliche Zuchtwahl die Möglichkeit zufälliger Veränderungen der Organisation voraus, die unter bestimmten Verhältnissen dem einen Individuum einen Vorzug vor anderen verschaffen. Diese sog. zufälligen Veränderungen, deren Ursachen in den schöpferischen Kräften des Organismus selbst liegen, bilden wohl das wesentlichste Moment der Organismenentwickelung, denn wo sie fehlen, ist keine Zuchtwahl auf der Welt imstande, die Organisation einer Art zu verändern. Die natürliche Zuchtwahl an sich erzeugt also nicht jene Veränderungen an den Organismen, die die zweckmäfsigste Anpassung an die Bedingungen der Umgebung gewährleisten, sie befestigt nur in der Nachkommenschaft durch Aussterben der am wenigsten Angepassten jene Veränderungen des Anpassungsvermögens, welche aus inneren Kräften des Organismus hervorgegangen sind.

Aktiv wirksam wird die natürliche Zuchtwahl erst dann, wenn bereits bestimmte Veränderungen, die dem Organismus unter bestimmten Bedingungen von Nutzen sein können, eingetreten sind. Dabei ist die Rolle der natürlichen Zuchtwahl mehr eine negative als eine positive. Ohne an den Organismen etwas Neues, Positives hervorzubringen, beseitigt sie nur die nichtangepassten Elemente und schafft damit für das Überdauern der Angepassten freien Raum. An den Anpassungsvorgängen selbst aber ist die natürliche Zuchtwahl in keiner Weise beteiligt. Sie spielt in der Organismenentwickelung nicht so sehr eine wesentliche, als vielmehr eine Hilfsrolle.

Das Aussenmilieu, schreibt E. Perrier, ist zweifellos die bestimmende Ursache aller Veränderungen, die an den Organismen auftreten können. Aber dieses Milieu kann entweder direkt oder indirekt wirksam sein; direkt, wenn es in dem Protoplasma chemische

Veränderungen (Chlorophyll- oder Pigmentbildung) hervorruft, oder wenn gesteigerte Ernährung vorliegt, die ein schnelleres Wachstum des Organismus oder irgend eines Organs hervorruft; indirekt, wenn der Milieustimulus seitens des Organismus eine Reaktion bewirkt, die zur Ursache bestimmter Veränderungen wird, wie beispielsweise in allen Fällen von Gebrauch oder Nichtgebrauch der Organe (Lamarck). Man kann diese beiden Erscheinungsreihen trotz ihres gemeinsamen Ursprungs unterscheiden und jede von ihnen benennen: die erste als Allomorphosen, die zweite als Automorphosen. Organismen mit beschränkter Innenreaktion, wie z. B. Pflanzen, stellen offenbar Allomorphosen vor, Automorphosen dagegen sind charakterisiert durch deutliche Entwickelung von Empfindlichkeit und Willen, wobei die Widerstandskraft des Organismus gegenüber den Milieuwirkungen grösser ist als bei den höheren Tieren [1]).

Diese Richtungen der Biologie bekämpfen gegenwärtig einander. Die Neodarwinisten (Weissmann u. a.) vertreten den Standpunkt der Allomorphose, die Neolamarckisten den Standpunkt der Automorphose.

Schon Dantec hebt die schwachen Seiten des Neodarwinismus hervor, der mit dem Automorphismus auch die Vererbung erworbener Instinkte ablehnt, was nach seiner Meinung absolut nicht angeht.

Nach Naegeli liegt die Ursache aller Variationen in inneren Bedingungen bezw. in den molekularen Kräften des Organismus. Auf diesen inneren (nicht aber, wie Darwin annimmt, auf äusserlichen) Ursachen beruhe die Ausbildung der Sinnesorgane. Es bleibt dabei aber unaufgeklärt, in welcher Weise innere Ursachen zur Entstehung der Organismen führen sollen.

Lamarck und der Neolamarckismus betrachten die Evolution vom Standpunkte der vergleichenden Psychologie.

Nach Pierret sind die Ursachen der Veränderlichkeit der Organismen mit Lamarck in den physiologischen Funktionen der Teile zu suchen, da der körperliche Aufbau auf das engste mit der geistigen Entwicklung, den Gewohnheiten und Instinkten der Tiere zusammenhängt. „Empfindlichkeit erweckt Intellekt, letzterer aber bringt die Gliederbewegungen immer mehr in Einklang mit der Lebensweise und mit den Aussenbedingungen. Die Organe werden zu Werkzeugen einer fortschreitenden Vervollkommnung, die immer auch auf die Geistesfähigkeiten zurückwirkt.“

Hochet-Souplet bemerkt hierzu: „Perrier sucht zu beweisen, die Tiere hätten sich infolge von Ursachen, die in ihnen selbst liegen, verändert, vermöge ihres Vermögens selbständig auf Grund eines Willens zu handeln, der als unabhängige Kraft betrachtet wird. Dieses Ver-

[1]) Colonies animales 1898.

mögen wird also zu einem der mächtigsten Entwicklungsfaktoren. Nehmen wir diesen Standpunkt an, dann brauchen wir nicht weiter zu untersuchen, wie sich aus Würmern Echinodermen, Mollusken und Wirbeltiere entwickelt haben. Sagen wir es gerade heraus: um das Ziel zu erreichen, genügt es einen Willen zu haben."

Beide Anschauungsweisen wollen sich also behaupten und mit Recht. Können wir denn in der Tat den Einfluss äusserer Bedingungen auf die Organismenentwicklung abweisen? Denn der Organismus baut sich aus den gleichen materiellen Teilchen auf, die das ganze übrige Weltall zusammensetzen, und nach dieser Richtung hin ist zweifellos, dass alle äusseren Bedingungen auch für die Organismen Bedeutung haben. Auf der anderen Seite sind die Organismen nicht Steine und sind nicht Kristalle. Wir finden in ihnen einen neuen Faktor, der den Körpern der toten Natur fehlt: Energievorräte, die besonders in den Nervenzentren der Tiere sich anhäufen. Dieser neue Faktor ist unleugbar vorhanden; es ist eine Naturtatsache, die sich durch keinerlei Raisonnements aus der Welt schaffen lässt.

Es ist daher ein tiefer Irrtum, das Neuro-Psychische als Entwicklungsfaktor zu übersehen. Die mechanistische Theorie sucht aber das Neuro-Psychische abzuweisen und setzt an Stelle davon solche Knüppel der alten phylosophisch-psychologischen Schule, wie Wille, Intellekt u. s. w. Anstatt die Äusserungen des Neuro-Psychischen nach ihrer objektiven Seite zu beurteilen, sehen die Mechanisten nur ihre subjektive Seite und wollen nicht einsehen, wie alle diese subjektiven Erscheinungen, die wir mittels Selbstbeobachtung in uns wahrnehmen, als organische Entwicklungsfaktoren auftreten können. Die subjektiven Erscheinungen sind ja bloss Korrelate gleichzeitig erfolgender objektiver Veränderungen des Gehirns während seiner neuro-psychischen Tätigkeit, die bestimmte Reihen äusserer bezw. objektiv wahrnehmbarer Organismusbewegungen herbeiführen.

Das gleiche Missverständnis verrät G. Bohn, indem er hinsichtlich des grossen wissenschaftlichen Erfolges des Lamarckismus bemerkt, „man müsse sich darüber eigentlich verwundern, denn die Biologie auf Psychologie zurückführen, hiesse das genaue Gegenteil von dem tun, was geschehen muss und geschehen kann, hiesse in den Fehler des Anthropomorphismus verfallen, den Rückschritt der Metaphysik antreten" [1]). B. hebt einen merkwürdigen Widerspruch bei den Biologen hervor: wo es sich um etwas rein physiologisches handelt, stehen sie auf streng chemisch-physikalischem, d. h. mechanistischem Standpunkt: wo es sich aber um das Entwicklungsgesetz handelt, verfallen sie in

[1]) G. Bohn, Biologie générale. Revue scientifique 1905, No. 12.

den alten Fehler, den Menschen, der zu allen Zeiten als Maßstab der Erscheinungen diente, gleichzeitig zur Erklärung dieser Erscheinungen heranzuziehen.

Es handelt sich hier aber um ein offenbares Missverständnis, wenn behauptet wird, dass die reine Physiologie neuro-psychische Erscheinungen nicht berücksichtige. Die Physiologie des Gehirns und das ganze Gebiet der sog. physiologischen Psychologie, sowie die objektive Psychologie[1]) bezeugt, dass die Physiologie auch neuro-psychische Tatsachen, soweit sie objektiv wahrnehmbar sind, mit in den Kreis ihrer Betrachtungen zieht, anstatt sie auszuschliessen. Selbstverständlich kann auch die Biologie sie nicht aus ihrem Untersuchungsgebiet hinausweisen.

Berechtigt erscheint dagegen die Klage, dass die Sprache der Evolutionisten häufig eine subjektive ist und dass ihre Erörterungen oft mit einem von religiösen und metaphysischen Raisonnements freien Wissen nichts gemeinschaftlich haben.

Die moderne Biologie lehnt bekanntlich die Tierpsychologie ab und betrachtet die Einführung psychologischer Ausdrücke in die evolutionistische Sprache als einen Rückschritt. Bohn sagt, jeder müsse sie absolut verurteilen, der von den Ergebnissen wahrer wissenschaftlicher Forschung durchdrungen ist. Loeb, Bethe, Uexküll, Beer, Ziegler, Nuel bekämpfen den Standpunkt, der überall den Handlungen der Tiere psychologische Motive unterlegt, die den Handlungen des Menschen zugrunde liegen. Romanes hat bekanntlich die ganz unbegründete Meinung ausgesprochen, dass die Insekten deshalb zum Lichte streben, weil sie neue Gegenstände wahrnehmen wollen; wenn sie nicht das Mondlicht suchen, so nur aus dem Grunde, weil dieser Gegenstand ihnen schon bekannt sein soll. Loeb bekämpft diese Auffassung mit Recht. Ihm sind die psychischen Erscheinungen physiologische Reaktionen, die aus dem „assoziativen Gedächtnis“ resultieren. Bethe und Uexküll weisen die Tierpsychologie aus der Biologie hinaus. Beer verwirft sogar die psychologische Terminologie (Erregbarkeit, Reizbarkeit, Sensibilität u. s. w.). Ausdrücke, wie Wille, Instinkt, Gedächtnis werden natürlich als schädlich für die Biologie hingestellt, und nicht ohne Grund, denn indem sie alles Mögliche erklären, erklären sie in Wirklichkeit gar nichts.

Abgesehen von der Terminologie finde ich im Neuro-Psychischen neben subjektiven Erlebnissen, die nur der Selbstbeobachtung zugänglich

[1]) W. Bechterew, Die objektive Psychologie und ihr Gegenstand. Vêstn. psihologii 1904. Revue scientifique 1906. — Die Begründung der objektiven Psychologie. Vêstn. psiholog. 1907. — Die objektive Untersuchung der neuro-psychischen Tätigkeit. Internat. Kongress f. Psychiatrie, Neurologie und Psychologie zu Amsterdam 1907.

sind und die als Gegenstand der subjektiven Psychologie des Menschen erscheinen, eine Reihe objektiver oder physiologischer Reaktionen, deren Unterschied von einfachen Reflexen in bestimmtem Grade durch frühere Erfahrung gebildet wird und die als Gegenstand der objektiven Psychologie und Tierpsychologie auf keinen Fall in der Biologie und im Evolutionismus unbeachtet bleiben dürfen. Die Bedeutung dieser objektiven Äusserungen des Neuro-Psychischen für die Organismenentwicklung soll in den folgenden Abschnitten untersucht werden.

XVII.

Die Bedeutung des aktiven Verhaltens der Organismen zum Milieu.

Die Hauptaufgabe, d. h. die Anpassung der Organisation an die Bedingungen der Umgebung übernehmen also die Innenkräfte des Organismus bezw. jene jedem Lebewesen zukommende Energie, die, wie wir bereits gezeigt haben, dem Stoffwechsel und der Gewebsernährung zu Grunde liegt und gleichzeitig als Ursprung des Neuro-Psychischen im weitesten Sinn dieses Wortes sich darstellt.

Denn der Einfluss der Umgebung auf einen Organismus besteht in nichts anderem, als in Aussenreizen, und jede Anpassung ist ihrem Wesen nach eine Modifikation entsprechend den vorhandenen Aussenbedingungen des Stoffwechsels und der Ernährung, denen zufolge ein Organ wachsen oder atrophieren kann, Sekrete zur Ausscheidung gelangen, vasomotorische Reaktionen auftreten oder Bewegungsakte sich entwickeln können, welche bei öfterer Wiederholung gewohnt und darum leichter ausführbar werden.

Nach neueren Untersuchungen (Speschner, Kermei, Guarini) übt Elektrizität zweifellos einen Einfluss aus auf Pflanzenkulturen, auf die Keimfähigkeit der Samen, auf das Wachstum und die Entwicklung der Pflanzen. Analoge Bedeutung hat Wärme, Licht und die chemische Konstitution des Erdreichs für die Pflanzenentwicklung. Dass pflanzliche Organismen durch Veränderungen der Ernährungsbedingungen zur Bildung neuer Varietäten geführt werden können, ist längst bekannt. Das gleiche gilt natürlich von tierischen Organismen, wie aus speziellen Untersuchungen über diesen Gegenstand hervorgeht. Durch bestimmte Einwirkungen auf das Ei können Modifikationen der Ausbildung des Hühnchens erzielt werden (Dastre, Féré u. a.). Das Nährmaterial übt ebenfalls einen besonderen Einfluss auf die Entwicklung der Organismen. Werden Alkohollösungen in das Hühnerei gebracht, so entwickeln sich, wie Féré und später Dr. Reiz (in meinem Laboratorium) feststellte, viel kleinere Keime, als bei unverändertem Nährboden.

Ebenso unbestreitbar ist die Wirkung der klimatischen und Temperaturbedingungen auf die Organismenentwicklung. Kaltes Klima z. B.

bewirkt eine reichliche Entwicklung des Unterhautfettgewebes, und dies ist von Einfluss auf den Zustand der Pigmentierung der Hautadnexa. Auch die Ernährungsbedingungen wirken auf den Bau und die Form des tierischen Organismus. Vanessa z. B. wurde nach äusserem Merkmale in drei verschiedene Arten (V. levana, V. prorsa, V. porima) unterschieden, während es sich in Wirklichkeit um drei Generationen einer und derselben Art handelte. Analoge Varietäten entstehen auch, je nachdem dieser Schmetterling in kaltem oder warmem Klima sich entwickelt. Man kann die äussere Form dieser und anderer Schmetterlinge sogar künstlich modifizieren, indem man ihre Puppen verschiedenen Temperaturen aussetzt (Weissmann, Standfuss). Analog wirken verschiedene Ernährungsweisen der Larven auf die Ausbildung der Schmetterlingsvarietäten (Picte, Revue scientifique 1902 Dezember), und zwar veränderten sich dabei nicht nur die Färbung der Flügel, sondern auch das ganze Wachstum. Ein gutes Beispiel dafür, wie die Ernährungsbedingungen auf die Organismen wirken, bietet ferner die Biene, indem gesteigerte Nahrungszufuhr die Verwandlung des Keimes zur Königin begünstigt.

Es gibt sehr instinktive Belege für den Einfluss des Lichtes auf die Organentwicklung. Allgemein ist die Bedeutung der Belichtung für die Farbe und den äusseren Habitus der Pflanzen. Unter gewissen Bedingungen ist diese Wirkung des Lichtes auch an Tieren leicht zu verfolgen. Nach Beobachtungen von A. Viret im Jardin des Plantes degenerieren beim Flohkrebs relativ schnell die Sehorgane, während die Tasthaare mit den Riechorganen hypertrophisch werden.

Diese durch die Bedingungen der Aussenwelt angeregte Modifikation der inneren Vorgänge des Organismus kann augenscheinlich nur darauf beruhen, dass jeder Organismus ein in sich geschlossenes System ist, das gegenüber allen äusseren Reizen von bestimmter Stärke und Dauer reaktionsfähig sich erweist. Je grösser in einem Organismus der vorhandene Energievorrat, desto lebhafter reagiert er auf Aussenreize, und dies bestimmt wiederum den Grad der Veränderlichkeit der Organismen. Da der Stoffwechsel jugendlicher Geschöpfe lebhafter ist, so muss auch der Grad der Reaktion auf Aussenreize und demnach auch der Grad der Variabilität im ersten Fall überwiegen, ein Verhalten, das, wie wir weiterhin sehen werden, für die Entwickelung der Organismen eine besondere Bedeutung hat.

Einige Tatsachen sind geeignet, über die Quelle der Energie der Organismen im Nervensystem (abgesehen natürlich von den Protisten, die kein Nervensystem haben) Licht zu verbreiten. Fortnahme des Nervensystems macht das Tier unfähig, aktiv auf seine Organentwicklung einzuwirken. Einige niedere Tiere, so z. B. der Flusskrebs, können fehlende Teile ihrer Extremitäten bezw. Scheren durch Regeneration

ersetzen, aber nur so lange, bis man die entsprechenden Nervenganglien zerstört. Wird ein bestimmter Teil des Zentralnervensystems des Krebses zerstört, dann tritt bei ihm keine Regeneration des entfernten Sehorganes ein, dafür wachsen aber besondere Fühler hervor, die als Tast-, Geruch- und Gehörorgan zugleich funktionieren. Hieraus ergibt sich die Bedeutung der Innenkräfte des Organismus für die Organentwicklung, sowie für die Ausbildung der Arten.

Selbst für die Artkreuzung — eines der wesentlichsten Faktoren der Artentstehung im Pflanzen- und Tierreiche — sind die inneren Kräfte des Organismus von entscheidender Bedeutung, während die Aussenbedingungen hier nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Aus dem Bisherigen ergibt sich, alle Modifikationen der Organismen seien bestimmt nicht allein durch die Verhältnisse des Milieu, sondern auch durch die Innenkräfte des Organismus. Von wesentlicher Bedeutung ist hier nicht der Boden oder das Milieu selbst, die nur bestimmte Bedingungen erzeugt, sondern der innere Faktor der Organisation, der sich einerseits in dem Anpassungsvermögen an ein Milieu, andererseits in dem Vermögen, dieses Milieu entsprechend den Zwecken des Organismus zu modifizieren, ausspricht. Allein es bleibt dabei ein wichtiger Faktor unbeachtet, nämlich jenes aktive, auf Erreichung günstiger Daseinsbedingungen zielende Verhalten der Organismen gegenüber dem Milieu, welches dieselben bis zu einem gewissen Grade von den Bedingungen der Umgebung emanzipiert, ja sie befähigt, letztere ihren eigenen Bedürfnissen in entsprechender Weise anzupassen und zu modifizieren.

Die höchsten Grade von Anpassung an die umgebenden Bedingungen kommen den Pflanzen und den Protisten zu, die sich frei vermehren unter so wechselnden Temperaturverhältnissen, bei welchen eine Existenz höherer Geschöpfe absolut undenkbar erscheint. Andererseits ist unschwer zu erkennen, dass, wenn das Milieu auch einen bestimmten Einfluss auf die Organismen ausübt, die jedem Organismus eigentümliche schöpferische Tätigkeit keineswegs bedingt sei durch das umgebende Milieu, sondern durch innere Kräfte des Organismus, die dem Wachstume und der Vermehrung zugrunde liegen. Wenn eine Pflanze dem Lichte entgegenstrebt, wenn das Laub sich der Sonne zuwendet, die Wurzeln die besten Bodenverhältnisse aufsuchen, so wird jedermann zugeben, hier handele es sich nicht um passive Unterordnung der Pflanze unter die Bedingungen der Umgebung, sondern es bedinge das aktive Verhalten der Pflanze den Gewinn der besten Existenzbedingungen.

Auch in der Tierwelt bemerken wir überall und alle Zeit das gleiche aktive Verhalten gegenüber der Umgebung, welches auf Erstrebung der besten Existenzbedingungen hinzielt. Entsprechend den Bedürfnissen seines Organismus wärmt das Tier sich bald im Sonnen-

lichte, bald versteckt es sich in seiner Höhle oder verbirgt sich im Wasser.

Im Zusammenhange damit vollzieht sich eine innere schöpferische Tätigkeit, der Stoffwechsel, der Wachstum und Vermehrung nach sich ziehend schliesslich in Anpassung der Umgebung an die Bedürfnisse des Organismus und in Umsetzung von Stoffen der Aussenwelt in die zusammengesetzten Verbindungen der Körperbestandteile gipfelt. Eine Anpassung der Umgebung an die Bedürfnisse des Organismus wird aber noch auf andere Weise erreicht, z. B. indem durch abfallendes und faulendes Laub der Boden vor schnellem Austrocknen geschützt. Höhlen aufgeführt, Nester oder Wohnungen von Tieren gebaut werden usw.

Kurz, neben jenem Anpassungsvermögen, welches als unmittelbare Frucht der Organisation eines Geschöpfes erscheint, finden wir überall ein aktiv-zweckmäfsiges Anpassungsvermögen gegenüber der Umgebung, als dessen höchste Stufe die Modifikation der Aussenbedingungen entsprechend den Eigenbedürfnissen des Organismus sich darstellt.

Denken wir uns eine Tierart, die durch irgendwelche Schicksalsfügung aus einer südlichen in eine nördlichere Gegend übersiedelt wird. Die Anpassung des Organismus an die Bedingungen der neuen Umgebung bezw. seine Akklimatisation beginnt in der Weise, dass bei der entsprechenden niedrigeren Aussentemperatur und infolge stärkerer Kontraktion der Hautgefässe von der Körperoberfläche des Tieres eine verhältnismäfsig geringere Wärmeabgabe stattfindet und zugleich die Wärmebildung im Körperinnern sich steigert. In seinem Streben nach Schutz vor ungünstigen klimatischen Verhältnissen sucht das Tier bei Unwetter ausserdem geschütztere Orte auf. Im ersten Falle handelt es sich um eine passiv-aktive Anpassung, da auch hier eine aktive Mitwirkung der Innenkräfte des Organismus nicht ganz auszuschliessen ist, im zweiten um aktive Anpassung.

Weiterhin wendet das Tier in seiner Anpassungstätigkeit sich zum Bau von Höhlen oder Wohnungen, die ihm bei rauhem Wetter Schutz gewähren. Hier liegt bereits eine individuelle Modifikation der Aussenbedingungen entsprechend den Eigenbedürfnissen des Organismus vor.

Das Milieu ist auch hier nicht ohne Bedeutung für die Organismenausbildung, aber sie gibt nur den Anstoss dazu, erscheint also nicht als wesentliches Entwickelungsmoment, da die Entwickelung ganz und gar mit den Mitteln und Kräften des Organismus selbst sich vollzieht.

Bei niederen Organismen stehen die passiv-aktiven Anpassungen im Vordergrunde und gewinnen wegen geringer Differenzierung des Organismus besonderen Spielraum. Diese passiv-aktive Anpassung gibt den niederen Organismen die Fähigkeit der Existenz unter den allerverschiedensten äusseren Lebensbedingungen, macht sie aber zugleich

wesentlich abhängig von vielen zufälligen und schädlichen Momenten. Bei den höher differenzierten Geschöpfen dagegen gelangt neben passiv-aktiver Anpassung, die hier bereits engere Grenzen aufweist, immer auch aktive Anpassung zu grösserer Bedeutung. Auf einer noch höheren Entwickelungsstufe tritt zu aktiver Anpassung eine individuelle Modifikation der Aussenbedingungen entsprechend den Bedürfnissen des Organismus hinzu.

Was die passiv-aktiven Anpassungen betrifft, so vollziehen sich dieselben offenbar auf Grund von Bewegungen, die auf alles dem gegebenen Organismus Vorteilhafte gerichtet sind, und hängen einerseits von den Aussenwirkungen, andererseits von den Innenkräften des Organismus ab. Die aktive Anpassung an das umgebende Milieu findet nur den äusseren Anlass oder Anstoss; ihre Grundlage ist stets die Aktivität des allen Organismen innewohnenden Energievorrats. Zu aktiver Anpassung gehören z. B. alle jene merkwürdigen und in ihrer Art bewundernswerten Bewegungsvorgänge, die an Pflanzen und einzelnen Pflanzenorganen zum Zwecke der Befruchtung auftreten, es gehört hierher auch das Beispiel der Wurzelreiser, die sich geeignetere Bodenverhältnisse aufsuchen, und endlich eine ganze Reihe von Reflexbewegungen in der vegetativen Sphäre tierischer Geschöpfe, die ebenfalls einen hohen Grad von Zweckmäfsigkeit beurkunden. Die höchste Form aktiver Anpassung liegt in der Ausnutzung der Milieubedingungen im Sinne der Bedürfnisse des Organismus und entsprechend der gewonnenen Erfahrung, sowie in der Modifikation der Aussenbedingungen entsprechend den Bedürfnissen des Organismus.

Das aktive Anpassungsvermögen der Organismen umfasst in sich zwei Reihen von Fällen: 1) mehr oder weniger unmittelbare Beeinflussung der Organisation durch das Nervensystem, und 2) Einfluss langdauernder Organübung nach einer bestimmten Richtung auf die Organisation.

Zu der ersten Reihe von Erscheinungen gehört in der Tierwelt der Einfluss des Nervensystems und der Neuro-Psyche auf die vasomotorischen und vegetativen Prozesse in unserem Körper, die für die Organismenentwickelung von höchster Bedeutung sein können, zumal sie dem Körper ausserordentliche Vorteile darzubieten vermögen. Bei dem Menschen gehört hierher eine ganze Reihe von Psychoreflexen, automatischen und Affektbewegungen mit jenen Veränderungen der Organverrichtungen, welche bei entsprechenden neuro-psychischen Einflüssen, sowie bei Suggestionen und Autosuggestionen auftreten. Besonders bemerkenswert sind in dieser Beziehung die sog. Stigmata der Hysterischen, beispielsweise in Form von Blutungen an solchen Körperstellen, aus denen der gekreuzigte Heiland blutete (Beispiel: Luise Latot). Man muss aber annehmen, dass bei niederen Tieren diese Art direkter Einfluss der Neuropsyche auf die Körperorgane eine

noch um vieles grössere Rolle spielt und eine grössere Mannigfaltigkeit im Verhältnis zu den höheren Tieren darbietet. Es gehören hierher höchstwahrscheinlich die bei niederen Tieren weitverbreiteten Anpassungen der Farbe der Körperoberfläche an die Umgebung (sog. Mimetismus), ferner die ebenfalls bei niederen Tieren häufigen Erscheinungen von totenähnlicher Starre (sog. Scheintod gewisser Käfer und anderer Tiere) etc.

Da der unmittelbare Einfluss der Neuro-Psyche auf die Körperorgane im allgemeinen ein ausserordentlich weitgehender ist, wird man den neuro-psychischen Faktor keinesfalls aus der Entwickelung der Organismen ausschliessen können, namentlich wenn man sich diesen Faktor nicht gerade so vorstellt, wie er bei dem Menschen mit seinem hochentwickelten neuro-psychischen Organe erscheint. Es wird sich dabei wahrscheinlich erweisen, dass direkte neuro-psychische Einflüsse auf verschiedenen Stufen des organischen Lebens wirksam sein können.

Zu dieser Ordnung von Erscheinungen gehört nicht nur das sog. Erstarren der Vögel beim Anblick der Klapperschlange, sondern auch das vorübergehende totenähnliche Erstarren anderer Tiere; wenigstens kann man sich diese merkwürdigen Erscheinungen nicht anders als durch direkten neuro-psychischen Einfluss im Augenblick einer dem Tiere drohenden Gefahr erklären.

In anderen Fällen handelt es sich um beabsichtigte Anstrengungen, die auf ein bestimmtes Ziel gerichtet sind. So kommt es z. B. zu gesteigerter Organentwickelung als Folge von Übung während Untätigkeit eines Organes, bedingt durch Ausbleiben des Motivs zur Tätigkeit, Schwächung und Schwund desselben erzeugt. Diese Tatsachen, deren Bedeutung schon von Lamarck hervorgehoben wird, sind zu allgemein bekannt, als dass wir Anlass hätten, sie hier näher zu erörtern.

Weitaus grössere Bedeutung für die Organismenentwickelung hat das auf aktivem Verhalten lebender Wesen zu der Umgebung beruhende Vermögen derselben, die Bedingungen der Aussenwelt im persönlichen Interesse auszunutzen und sich selbst anzupassen. Diese Art des Einflusses auf die umgebende Natur zum Zwecke ihrer Anpassung an den eigenen Organismus und somit zum Zwecke der Schaffung günstigerer Existenzbedingungen, bei welchen Mittel und Kräfte zu anderen Aufgaben des Lebens frei werden, findet sich bereits im Pflanzenreiche, sowie bei jenen niederen Tierarten, die sich zum Schutze gegen ungünstige Aussenbedingungen geeignete Zufluchtsstätten verschaffen. Mit der Weiterentfaltung der neuro-psychischen Tätigkeiten in der aufsteigenden Tierreihe wird diese Art Einwirkung auf das Milieu immer mehr vorherrschend und tritt bei dem Menschen ganz in den Vordergrund.

Wie weit dieser auf aktivem Verhalten des Organismus gegenüber der Aussenwelt beruhende Vorgang der Anpassung des Milieu an seine Bedürfnisse gehen kann, bezeugt die gesamte moderne Zivilisation mit ihren grandiosen Bauten, ihren künstlichen Schutzmitteln gegen Kältewirkung, ihren künstlichen Heiz- und Beleuchtungsmethoden, ihren überraschenden Fortbewegungsmitteln, ihren Dampfmaschinen, Unterseebooten und lenkbaren Luftschiffen, endlich ihren noch erstaunlicheren Verkehrsmitteln, die in Gestalt des Telegraphen und Telephons etc. ungeheure Entfernungen miteinander in Verbindung bringen.

In diesem wichtigen Vorgange, der als grundlegend für die Artvervollkommnung zu bezeichnen ist, ist das Neuro-Psychische zweifellos von hervorragender Bedeutung.

Der Anstoss zu dieser weitgehenden Umgestaltung der Bedingungen der Aussenwelt ist unzweifelhaft zu suchen in jener Energie, die als neuro-psychische Tätigkeit zutage tritt, welche beständig an Vollkommenheit gewinnend, auf der Bahn der Unterwerfung der Natur durch den Menschengeist unabsehbaren Zielen entgegeneilt.

Bei dem Vorgange der Anpassung eines Organismus an die Bedingungen der Aussenwelt, namentlich aber bei der Umgestaltung dieser entsprechend den Bedürfnissen jenes tritt also dessen Energie bezw. die Grundlage seiner Neuro-Psyche als aktives Prinzip in Wirksamkeit.

Organ des Neuro-Psychischen ist bei allen Tieren bekanntlich das Nervensystem mit dem Gehirn, jener komplizierte und merkwürdige Apparat, der die Wirkungen der Aussenwelt und die Innenvorgänge des Organismus sich aufprägt und die erhaltenen Eindrücke bewahrt, kombiniert und verarbeitet. Infolge der Verarbeitung dieser Eindrücke werden die Aussenwerke des Organismus in Bewegung versetzt, wird die Tätigkeit des Herzens, des Gefässsystems und der übrigen Organe angeregt, so jedoch, dass alle diese Reaktionen, die auf Grund jener Eindrücke entstehen, in Charakter, Stärke und Dauer sich in einer Übereinstimmung befinden nicht mit frischen Eindrücken, sondern mit dem Verhältnis zwischen diesen neuen Eindrücken und den Umarbeitungsprodukten der früheren abhängen. Dies bestimmt die Aufgaben der neuro-psychischen Tätigkeit in den Äusserungen und in den Prozessen des Organismus.

Demzufolge stellt sich jedes Lebewesen mit seinem Neuro-Psychismus als zweckmäfsig-aktive Erscheinung dar. Selbst in seinen elementarsten Formen erscheint das Neuro-Psychische als wichtiger Index des Verhaltens eines lebenden Organismus zu dem umgebenden Milieu. Unterscheidung und Bewegungswahl, heisst es in einer meiner früheren Schriften, diese beiden neuro-psychischen Grunderscheinungen, die jedem Organismus zukommen, bilden eine der wichtigsten Schutzvorrichtungen gegenüber zerstörenden Naturgewalten und gegen feindliche Angriffe. Je vollendeter jene

Unterscheidung und je genauer die darauffolgende Bewegung gewählt und berechnet ist, um so mehr Aussicht hat ein Organismus, schädlichen Einflüssen der Naturumgebung zu entgehen und um so mehr wird er die wohltätigen Seiten des Milieus sich zunutze machen[1]). Ist das wahr, dann müssen Individuen, die neuro-psychisch am besten ausgestattet sind, nicht nur im Lebenskampf, sondern auch in dem Daseinskampfe als Sieger hervorgehen.

Sofern die natürliche Zuchtwahl in zufälligen Anomalien blinde Naturkräfte voraussetzt, erklärt sie uns nicht jene Seite des Neuro-Psychischen, die für den Kampf mit den Naturgewalten und den Aussenbedingungen mafsgebend ist, indem sie diese Bedingungen und Gewalten möglichst ausschliessen und sie entsprechend den Bedürfnissen des Organismus modifizieren hilft. Man kann sagen, dass diejenigen aus dem Kampfe als Sieger hervorgehen, die an Empfänglichkeit, Nachahmungskunst, Gewandtheit, Schlauheit, Erfahrung und Verstand allen anderen trotz ungünstiger physikalischer Anpassung vorausgehen.

Hierin erkennt man die Bedeutung der „psychischen Zuchtwahl", deren Theorie ich in meiner Arbeit über „Die biologische Bedeutung des Psychischen" (Journ. f. Neurol. u. Psychol. 1905) zu entwickeln mich bemühte. Die Eigenschaften des sog. Verstandes werden zwar bis zu einem bestimmten Grade als Geschenk der Natur ererbt; die Erblichkeit wird hier also mit von Einfluss sein müssen; aber die allmähliche Vervollkommnung des neuro-psychischen wird auch durch Erziehung, Lebenserfahrung und Übung erweckt und von Individuum zu Individuum und von Geschlecht zu Geschlecht durch Nachahmung, Rezeptivität und Aneignung bei dem Verkehr der Individuen untereinander übertragen und in der Nachkommenschaft auf andere Weise befestigt, als die Organismusmodifikationen der sog. natürlichen Zuchtwahl, bei denen Erblichkeit in erster Linie wirksam ist.

Die „psychische Zuchtwahl" erklärt uns auch ungezwungen die Bedeutung der moralischen Grundlagen der sozialen Gruppierungen bei den höheren Tieren und beim Menschen. Der Trieb zur Gesellschaftsbildung ist natürliche Folge „psychischer Zuchtwahl" als Eigenschaft psychisch ausgestatteter Lebewesen.

In den sozialen Gruppen unterordnet sich das Einzelindividuum den Bedingungen des Ganzen, selbst wenn diese ihren Eigenzielen entgegenstehen; daher wird ein Individuum hier um so mehr über die Masse hinausragen, je mehr er in seinem Tun und Lassen sich durch soziale Instinkte leiten lässt.

[1]) W. Bechterew, Vêstn. psiholog., krimin. antropolog. etc. 1904. H. 1—3. Journ. f. Neurol. u. Psychol. 1905.

XVIII.

Die Frage der Vererbung erworbener Eigenschaften.

Die Evolutionstheorie in dem oben dargelegten Sinne stellt nun den Satz auf, dass die im Verlaufe des Lebens erworbenen Besonderheiten von der Nachkommenschaft festgehalten werden. Sonst würde ja jede von der einen Generation erreichte Anpassung in der zweiten verloren gehen und somit hätte der ganze Anpassungsvorgang bloss individuellen Wert und würde für die ganze Art aber sozusagen eine Sisyphusarbeit darstellen; sie würde überhaupt nur wenig oder auch gar nicht produktiv wirken und jedenfalls eine Evolution von Organismen in einer ganzen Reihe von Generationen und eine Entstehung von Arten nicht zu begründen imstande sein. Von wesentlicher Bedeutung scheint hier also die Frage, ob die im Verlaufe des Lebens als Produkt individueller Anpassung erworbenen Besonderheiten auf die Nachkommenschaft übertragen werden und anderseits: ob dasjenige, was das Individuum im Wege der Anpassung des Milieu an die Erfordernisse seiner Organisation erwarb, zum dauernden Besitz der Nachkommenschaft wird?

Keine von den vorhandenen Vererbungstheorien (Darwin's Pangenesis[1]), Häckel's Perigenesis[2]), Weissmann[3]), Haacke[4]), Hertwig[5]), Brooks[6]), J. Müller[7]), Orschanski[8]), Delage[9]) u. a.) liefern eine befriedigende Erklärung der Vererbungserscheinungen, wenigstens so weit es sich um die Frage der Vererbung erworbener Eigenschaften handelt.

Zu den am meisten verbreiteten Vererbungshypothesen gehört gegenwärtig die Hypothese von Müller und Weissmann. Der Vaterkern und die Mutterzelle bestehen aus Teilchen, von denen jedes das erbliche Prinzip beider enthält. Ihr Zusammenfliessen führt zu einem

[1]) Ch. Darwin, The origin of species.
[2]) E. Häckel, Die Perigenesis der Plastidule.
[3]) Weissmann, Das Keimplasma usw.
[4]) W. Haacke, Gestaltung und Vererbung.
[5]) Hertwig, Das Problem der Befruchtung und der Isotropie des Eies.
[6]) Brooks, The law of heredity.
[7]) J. Müller, Über Hämophagie.
[8]) Orschanski, Die Vererbung usw.
[9]) Delage, La structure du protoplasma et les théories sur l'hérédité.

Kampf der Teilchen, wobei einige untergehen, andere erhalten bleiben, und dies bedingt die Vererbung auf die Nachkommenschaft, die teils väterliche, teils mütterliche Bestandteile enthält. So erklärt sich die Verwandtschaft der Nachkommen einerseits mit dem Vater, anderseits mit der Mutter. Eine Ausbildung gemischter funktionsunfähiger Organe ist dabei ausgeschlossen; verwandte Organe haben im Kampfe ein gleiches Schicksal. Die Entwickelung der Hoden und Ovarien z. B. bedingt eine entsprechende Ausbildung der übrigen Geschlechtsorgane und zugleich die Entwickelung der sekundären Sexualcharaktere. Dieses Verhältnis der Organe zueinander findet aber in der Hypothese keine hinreichende Beleuchtung.

Logischer und zutreffender erscheint mir die Annahme, dass es sich bei der Erblichkeit um eine Übertragung sog. trophischer Einflüsse handeln möchte. Der Organismus zerfällt in eine Reihe trophischer Territorien, die von trophischen Zentren bezw. ihren Nervenzellen regiert werden. Die embryonalen Zellen sind nun die ursprünglichen Träger dieser trophischen Zentralfunktionen, deren weitere Entwickelung zum Auftreten primärer und sekundärer Organe führt. So entstehen die peripheren Hauptzentra, sowie die Zentra des Rückenmarkes und des verlängerten Markes. In der Folge kommen die übrigen Organe zur Ausbildung. Es handelt sich also darum, dass die Mutterzelle alle Keime der trophischen Zentra enthält, die die Grundlage des Organismus bilden und an die sich in der Folge die Ausbildung weiterer sekundärer Organe anschliesst. Aber diese Keime gelangen unter Einfluss des Vaterkerns zur Entwickelung, der ebenfalls Anlagen zur Organentwickelung enthält. Je nach der überwiegenden Lebensfähigkeit der weiblichen oder männlichen Elemente kommt es zu einer Reproduktion der mütterlichen oder väterlichen Organe.

Am schwierigsten zu lösen ist das Problem der erblichen Übertragung erworbener Merkmale.

Hier gehen die Ansichten der Forscher noch weiter auseinander. Darwin selbst hat sich die Möglichkeit einer Vererbung erworbener Eigenschaften zugegeben, aber der spätere Darwinismus hat sich bekanntlich darauf beschränkt festzustellen, dass Merkmale, die zufällig bei dem einen oder anderen Individuum bei der Geburt auftauchen durch Vererbung stabil werden können, falls sie für den Organismus vorteilhaft sind. Es entstand so auf dem Boden des Darwinismus eine Lehre, welche als Regel aufstellt, dass auf die Nachkommenschaft nur Merkmale übertragen werden, die von Geburt an vorhanden waren, dass hingegen alle anderen Merkmale, die zu Lebzeiten erworben wurden, erblich nicht übertragbar sind und deshalb für die Nachkommenschaft verloren gehen. In dieser Beziehung ist besonders die Lehre Weissmann's, eines der angesehensten Vertreter des Neodarwinismus, in den Vordergrund ge-

treten. Da Vermehrung durch Vereinigung der Geschlechtszellen eines männlichen und eines weiblichen Individuums erfolgt, so können, glaubt W., nur die diesen Zellen innewohnenden Besonderheiten auf die Nachkommenschaft übertragen werden. Alle im Verlaufe des Lebens erworbenen Merkmale und Besonderheiten hingegen sind für die Nachkommenschaft unfruchtbar. Dieser letzte Satz der ohne hinreichenden Grund eine Sonderstellung der Geschlechtszellen im Organismus voraussetzt, stüzt sich auf eine kritische Betrachtung der vorhandenen Angaben über Übertragung künstlich herbeigeführter Verletzungen, wie Narben, Stummelschwänze usw. auf die nächste Nachkommenschaft.

Dazu wäre zu bemerken, dass die vielfach angegriffene W.'sche Theorie, selbst wenn sie sich als völlig exakt und einwandfrei erwiese, nur Bedeutung mit bezug auf die geschlechtliche Vermehrung der höheren Tiere haben könnte. Bei Vermehrung durch Teilung und Knospung dürfte kaum irgend ein Unterschied zu finden sein mit bezug auf Übertragung von zu Lebzeiten erworbenen oder von dem mütterlichen Organismus überkommenen Merkmalen. Aber selbst hinsichtlich der geschlechtlichen Vermehrung der höheren Tiere sind jene Voraussetzungen weitaus nicht in dem Grade begründet, wie dies W. annimmt. Trotz eines grossen Aufwandes von Kraft, womit W. seine Hypothese zu begründen gesucht hat und ungeachtet einer grossen Zahl von Schriften, welche er über diesen Gegenstand erscheinen liess, ist eine volle Einigkeit der Ansichten bisher nicht erzielt worden, vielmehr hat die Lehre ebensoviele eifrige Freunde, wie offenbare Gegner. Wie weit dieser Gegenstand in der Biologie noch seiner endgiltigen Erledigung entrückt ist, ergibt sich aus folgenden Sätzen, die Delage auf Grund eines grossen Tatsachenmateriales aufstellt: „Es ist experimentell nicht erwiesen, dass Merkmale, die durch Übung oder durch Fehlen von Übung erworben sind, irgendwo von der Nachkommenschaft vererbt wurden. Aber es ist auch nicht bewiesen, dass sie niemals erblich übertragen werden könnten". Diese Sätze verdienen Beifall, denn sie drücken den wahren Sachverhalt in einfacher Weise aus.

Einzelne Tatsachen und Beobachtungen aus dem Pflanzen- und Tierleben sprechen aber entschieden für eine erbliche Übertragung erworbener Eigenschaften, da sonst eine Reihe von Besonderheiten der Organismen unerklärt bliebe. Ich stehe hier von einer weiteren Verfolgung des Gegenstandes ab und bemerke nur, dass so geistreich an sich Weissmann's Hypothese der Vererbung mit ihrer ewig jungen sexuellen Materie erscheint, für die Entscheidung der Frage unzweifelhaft das Experiment und zwar das Experiment in grossem Mafsstabe von hervorragender Bedeutung sein wird. Übrigens ist es mit bezug auf Vererbung weitaus nicht gleichgültig, auf welcher Entwickelungsstufe eines Organismus eine bestimmte Besonderheit erworben wird. In einem Falle brachte

eine Hündin mit einem aus früher Jugend herrührenden schlecht verheilten Knochenbruch einer Vorderextremität mehrere Würfe zur Welt, worunter viele Exemplare eine missgestaltete verkrümmte vordere Extremität aufwiesen [1]).

Andererseits glaube ich, dass es für die Frage nach der Vererbung erworbener Eigenschaften durchaus nicht genügt, zu Lebzeiten erworbene Narben oder Amputationen von Hunde- oder Katzenschwänzen zu studieren. Alles das sind doch zweifellos rein zufällige Akquisitionen, die mit dem Wesen der Tierorganisation nichts zu tun haben. Ganz anders verhält es sich mit Besonderheiten, die aus den wesentlichsten Bedürfnissen des Organismus herrühren und durch langdauernde Übung erworben sind, an der das Zentralnervensystem, während es selbst sukzessive Veränderungen erfährt, aktiven Anteil nimmt. Derartig erworbenen Eigenschaften fehlt das Labile und Flüchtige einer Narbe oder eines amputierten Schwanzes. Man wird doch nicht behaupten wollen, dass Vervollkommnung, die während des Lebens errungen ward, an der Nachkommenschaft völlig spurlos vorübergehe und dass das Nervensystem, dem die allerwichtigste Rolle in dem Prozess der Vervollkommung zufällt, auf die Sexualmaterie gar keinen Einfluss üben sollte. Die Tatsachen bezeugen es ganz zweifellos, dass erworbene Veränderungen des Nervensystems nicht ohne Einfluss auf die Nachkommenschaft bleiben.

Besonders lehrreich sind in dieser Hinsicht die Versuche Brown-Sequard's über künstliche Erzeugung epileptischer Anfälle beim Meerschweinchen mittelst Durchschneidung des N. ischiadicus oder eines Teiles des Rückenmarkes. Hier wurde der epileptische Anfall entweder selbständig oder durch Reizung einer besonders empfindlichen epileptogenen Zone im Trigeminusgebiete ausgelöst. Es erwies sich nun, dass die in diesem Falle experimentell hervorgerufene Epilepsie erblich übertragen wurde und bei den Nachkommen die nämlichen Erscheinungen darbot. Späterhin haben Obersteiner und Gutnikow diese Befunde von Brown-Sequard experimentell bestätigen können und obwohl gegen dieselben mancherlei Bedenken laut wurden (Sommer), so glaube ich doch, dass gegen die Annahme einer Vererbung erworbener pathologischer Eigenschaften keine stichhaltigen Beweise erbracht worden sind. Jeder Neuropathologe und Psychiater ist in der Lage, ganz analoge Tatsachen aus der Pathologie des Menschen anzuführen. Ein Blick auf die genealogische Tafel eines Epileptikers genügt, um zu zeigen, wie leicht eine von den Eltern zu Lebzeiten erworbene Epilepsie auf die Nachkommenschaft vererbt wird. Dies gilt auch von vielen anderen nervösen und psychischen Erkrankungen.

[1]) Diese Beobachtung ist mir durch Dr. V. O. Antuschevič mitgeteilt.

Die Neuro- und Psychopathologie ist reich an Tatsachen, die keinen Zweifel übrigen lassen, dass zu Lebzeiten eines Individuums erworbene neuro- oder psychopathologische Störungen erblich werden können, wobei sie erfahrungsgemäfs nicht selten in mehreren Generationen auftreten [1]).

Sind aber krankhafte Zustände, die zu Lebzeiten erworben wurden, vererbungsfähig, dann ist nicht einzusehen, warum Eigenschaften, die während des individuellen Lebens erworben wurden, in dieser Beziehung eine Ausnahme machen sollten?

Dazu ist kein Grund vorhanden, und im Hinblick auf die vorhin erwähnten Tatsachen glaube ich daher, dass der Standpunkt des Neodarwinismus bezw. der Weissmann'schen Vererbungstheorie, wonach zu Lebzeiten eines Individuums und namentlich in früher Jugend erworbene Merkmale unter keinen Umständen erblich übertragen werden können, nicht hinreichend auf Tatsachen gegründet ist.

Jede Tätigkeit, bemerkt Moll mit Recht, die von vielen Generationen geübt wird, gewinnt mit der Zeit einen erblichen Charakter, wenn sie auch ursprünglich eine erworbene war. Dies gilt z. B. von dem Bau des Bibers usw.

Nicht ganz auszuschliessen ist jedenfalls aus der Reihe der aktiven Entwickelungsfaktoren der Einfluss des Nervensystemes auf die Gesamtorganisation und speziell auch auf die Vorgänge der Übung, von denen die Anpassungstätigkeit des Individualorganismus abhängt.

Bei fortwährender Wiederholung eines und desselben Anpassungsaktes werden gewisse gewohnheitsmäfsige Bewegungen erworben, die darauf beruhen, dass durch langdauernde Übung sich im Nervensystem spezielle Bahnen und Zentren in Gestalt besonderer Luxusleitungen herausstellen. Die Übertragung und Befestigung solcher Akte in der Nachkommenschaft erfolgt durch Vererbung der Anlage des Nervensystems zur Ausbildung von Nervenmechanismen, die die Ausbildung und Erwerbung analoger Akte in der Nachkommenschaft wesentlich erleichtern. So erklärt sich z. B. die erbliche Übertragung gewisser Instinkte, die zweifellos in der Organismenentwickelung eine bedeutsame Rolle spielen.

Einige wollen die Möglichkeit einer Vererbung erworbener Eigenschaften dadurch widerlegen, dass in einem fremden Lande Geborene dort ebenso leicht ihre Muttersprache wie die fremde Sprache erlernen. Dieses

[1]) Tatsachen dieser Art sind zu finden in einer ganzen Reihe von Werken über Nerven- und Geisteskrankheiten, sowie in der Schrift von Ribot: „Die Erblichkeit der Geisteskrankheiten". Vergl. auch P. Podiapolski, Les impressions ou suggestions paternelles ou maternelles se transmettent-elles aux enfants. Revue de l'hypnotisme 1904.

Beispiel trifft aber nicht zu, denn die Unterschiede der Sprachen bestehen physiologisch nur in einer ungleichen Assoziation der Bewegungen der Stimmbänder, des Atmungsapparates, der Zunge und Lippen. Das Wesen des motorischen Mechanismus ist in allen Sprachen dasselbe, da fast alle Einzellaute in den verschiedensten Sprachen vertreten sind. Von einer Vererbung einer bestimmten Bewegungsrichtung kann natürlich nicht die Rede sein, unzweifelhaft aber wurde der Mechanismus der Sprache im Sinne eines bestimmten Variationsvermögens der Stimmband-, Atmungs-, Zungen- und Lippenbewegungen von dem Menschen einmal durch Übung erworben. Auf Grund langdauernder Übung kam es im Nervensystem zur Entstehung entsprechender Zentra und Leitungen. Die Neigung zur Ausbildung dieser Zentra wird jetzt bereits unzweifelhaft erblich übertragen, denn unsere Kinder erlernen in kurzer Zeit die Sprache, die sich in Jahrtausenden entwickelte. Wenn die Natur aus irgend welchen Ursachen die Entwicklung der Sprachzentra hemmt, so bildet sich auch die Sprache später aus.

Alles dies spricht dafür, dass die Erwerbe des Individuallebens in entsprechender Weise sich in den Nervenzentren ausprägen. Die Übung der Nervenzentra nach einer bestimmten Richtung führt zu Strukturveränderungen in ihnen, und wenn diese nicht direkt als solche vererbt werden, so gelangt die Neigung zur Entwicklung solcher Veränderungen in der Nachkommenschaft bei entsprechender Übung zur Übertragung.

Was den Vorgang betrifft, der als Anpassung der umgebenden Natur an den Organismus bezeichnet werden kann und für die Evolution, wenn auch nur indirekt, bedeutungsvoll ist, so ist derselbe augenscheinlich ebenfalls auf die Nachkommenschaft übertragbar, und zwar anfänglich im Wege direkter Nachahmung und unmittelbarer Erziehung, wie aus zahlreichen Tatsachen und Beobachtungen an Tieren mit Nervensystem hervorgeht, wie dies bei Besprechung der psychischen Zuchtwahl schon bemerkt wurde [1]).

Hinsichtlich der Vererbung elterlicher Eigenschaften ist folgendes zu betonen. Die klinische Erfahrung lehrt, dass pathologische Erblichkeit ceteris paribus in einem viel höheren Grade sich bemerkbar macht, wenn beide Eltern ähnliche Krankheitserscheinungen aufweisen, als in dem Falle, wenn nur der eine elterliche Teil von Krankheit befallen, der andere gesund ist. So z. B. ist es bestimmt erwiesen, dass Erblichkeit im Gebiete des Psychischen besonders dann ungünstig auf die Nachkommen wirkt, wenn beide Eltern bestimmte Abweichungen vom normalen Verhalten der Seelen- oder Nerventätigkeiten darbieten. In diesem Falle treten in der Nachkommenschaft oder doch bei einzelnen

[1]) Näheres hierzu vgl. Bechterew, Die biologische Bedeutung des Psychischen. Vêstn. psiholog. 1904, H. 1—3; Journ. f. Neurologie u. Psychol. 1905.

Gliedern derselben die betreffenden krankhaften Besonderheiten der Eltern in gesteigertem Grade auf. Eine solche Erblichkeit kann demnach als gesteigerte Belastung bezeichnet werden.

Es ist nun anzunehmen, dass die gleichen Verhältnisse auch in der Biologie vorherrschen, d. h. wenn beide Eltern ähnliche Eigenschaften aufweisen, diese bei der Nachkommenschaft oder zum mindesten bei einzelnen Individuen derselben in gesteigertem Grade auftreten können.

Bei günstigen Tätigkeits- und Ernährungsbedingungen kann es zu einer Art Luxusentwickelung kommen und zwar sowohl hinsichtlich der Komplexion und Kräfte, als auch bezüglich des Propagationsvermögens. Der überschüssige Teil der Organisation ermöglicht eine Organentwickelung in Richtung einer beständigeren Tätigkeit des Organismus, und dies wird auch in der Nachkommenschaft stabil, besonders wenn die betreffenden Eigentümlichkeiten mehr oder weniger bei beiden Erzeugern ausgeprägt waren.

Diese Verhältnisse sind deshalb besonders bedeutsam, weil hier die Erblichkeit aufhört, als ausschliesslich konservative Kraft so zu wirken, wie man sich dies bisher immer vorgestellt hat, vielmehr unter Umständen auch die Rolle eines aktiven Faktors in der Organismenentwickelung übernimmt. Die Bedeutung dieses Umstandes wächst aber ganz besonders bei monogamer geschlechtlicher Vermehrung, wo der gegenseitige Einfluss beider Eltern während eines langdauernden Zusammenlebens in ganz besonders hohem Grade hervortritt.

XIX.

Die Bedeutung der elektrischen Energie in der Natur und im Organismus.

Von den verschiedenen Energieformen der Natur ist es vor allem die elektrische Energie, deren Wirksamkeit bei allen physikalischen Vorgängen ohne Ausnahme zutage tritt.

Die photoelektrischen Erscheinungen entsprechen unzweifelhaft einem bestimmten elektromagnetischen Zustand des Milieu, in dem sich das Auge befindet. Andererseits hat die elektromagnetische Theorie des Lichtes sich gegenwärtig bereits in der Wissenschaft eine gesicherte Stellung erobert. Ebenso sind die chemischen Affinitäten, sowie die Erscheinungen der gegenseitigen Attraktion der Elemente wie es scheint am besten vom Gesichtspunkte der elektrochemischen Theorie verständlich. Andererseits darf man mit gutem Grunde annehmen, dass auch Wärme in bestimmter Abhängigkeit von der elektrischen Energie sich befindet. Das Erscheinen von elektrischer Energie in einem Körper führt in letzterem bekanntlich zu Entwickelung von Wärme, deren Menge gleich ist dem Widerstande, multipliziert mit dem Quadrate der Stromstärke. Wärme ist also Ausdruck des elektromagnetischen Zustandes der einzelnen Moleküle. Auch in der uns umgebenden Natur wird man auf Erscheinungen stossen, welche den Gedanken an eine Abhängigkeit thermischer von elektromagnetischen Erscheinungen nahelegen. Zu Gunsten eines derartigen gegenseitigen Zusammenhängens zwischen thermischen und elektromagnetischen Erscheinungen auf der Erde spricht einerseits die Koinzidenz der Richtung der isomagnetischen und der isothermischen Linien, andererseits die Nähe der magnetischen und thermischen Pole auf der Erde (Skworzow)[1]).

Auch die Wirbelbewegungen auf der Erde dürfen mit elektromagnetischen Erscheinungen in einen bestimmten Zusammenhang gebracht werden. Es liegt Grund vor zu der Annahme, dass in unserer Atmosphäre wirksam sind zwei ungeheure Wirbel an den Polen mit

[1]) Prof. J. Skworzow, Die dynamische Theorie und ihre Anwendung auf Leben und Gesundheit. Moskau 1900. S. 10.

vertikalen Achsen bei Bewegung der Luft von West nach Ost und zwei weitere Wirbel in dem Gebiet zwischen jenen zu beiden Seiten des Äquators mit horizontalen Achsen. Man erkennt hierbei deutlich das Zusammenfallen der Achse dieser Wirbel mit der Lage der magnetischen Nadel, welche an den Polen nahezu vertikal, am Aquator nahezu horizontal verläuft (Skworzow). Hieraus wird ersichtlich, dass Erdwirbel ausser Wärmeeinflüssen in einem wesentlichen Grade bestimmt sind von elektrischen Luftströme, die mitgerissene Teile der Luft in Bewegung versetzen und hierdurch Luftdruckdifferenzen erzeugen.

Man wird nicht leugnen können, dass die Energie, die wir mit den Sonnenstrahlen erhalten, an und für sich Ausdruck von Strahlenenergie sei, die ihrer Natur nach, wie neuere Untersuchungen lehren, komplizierter ist als früher angenommen wurde. In dieser Strahlenenergie sind die Wurzeln ihrer Wirkungen auf alle Planeten des Sonnensystems zu suchen. Man wird schliesslich die Gesetze der Anziehung auf elektrische Wirkungen der Himmelskörper unter einander zurückführen

Jedenfalls aber kann an dem elektromagnetischen Zustande unseres Planeten kein Zweifel gehegt werden. „Wir leben", bemerkt Skworzow, „in einem stark dynamischen Milieu, und dies bezieht sich nicht allein auf die Atmosphäre, sondern ebenso sehr auf Wasser und festes Land. Diese Dynamisierung beruht in erster Linie auf einer Auslösung elektromagnetischer Ströme auf und in der Erde durch die Sonne, welche Ströme nun ihrerseits nicht nur als Quelle der Luftelektrizität und des Erdmagnetismus, sondern auch als Quelle des Lichtes und der Wärme auftreten".

Der Erdmagnetismus ist bekanntlich der Ausdruck der elektromagnetischen Ströme der Erde. Die Kraft des Erdmagnetismus aber ist nach Gauss gleich der Kraft von 8464 Trillionen mit Magnetismus gesättigter ein Pfund schwerer Stahlplatten. Dies hinwiederum gibt eine Vorstellung von der enormen Stärke der Erdelektrizität. Es wird berechnet, dass das elektrische Potenzial der Erde 4000 Millionen Volt beträgt [1]).

Auf die Bedeutung der Erdelektrizität für die verschiedenen meteorologischen, vulkanischen, klimatischen und sonstigen Erscheinungen auf der Erdoberfläche können wir hier nicht näher eingehen, denn es handelt sich hier zunächst um die Frage nach der Entwickelung und Bedeutung der Elektrizität im Organismus.

Dass der tierische Organismus für die elektrischen Erscheinungen einen ungemein günstigen Boden darbietet, zeigt die sog. osmotische Theorie des galvanischen Stromes, wonach die Differenz des osmotischen

[1]) G. Darut, Die Elektrizität in der Natur.

Druckes zweier Gase oder Lösungen im Fall ihrer Verbindung durch einen Leiter in einem galvanischen Strome besteht, dessen Kraft der Energie des osmotischen Ausgleiches entspricht. Der tierische Organismus stellt sich als eine Masse dar, die überall von Lösungen mineralischer Salze und verschiedener organischer Stoffe durchtränkt ist und die durch unzählige Membranen in Organe, Organteile und Gruppen kleinster Zellorganismen oder Gewebe, schliesslich in einzelne Zellen gegliedert ist, in welchen nun die Bestandteile der Zelle: Kern, Kernkörperchen u. s. w. als weitere Differenzierungen auftreten.

Alles dies erzeugt eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit der osmotischen Prozesse im Organismus, und auf Grund der dynamischen Molekulartheorie der Lösungen muss man schliessen, dass im Organismus eine ausserordentliche Entwickelung elektrischer Ströme vorhanden ist, die mit dem Metabolismus oder Stoffwechsel zusammenhängt. Als Quelle der biologischen Elektrizität erscheint in diesem Falle eine ganze Reihe beständiger Prozesse im Organismus, wie Osmose, Diffusion, Filtration, Kapillarität etc., ganz abgesehen von dem Chemismus der Gewebe. Eine grosse Bedeutung hat hier die elektrische Dissoziation der Mineralsalze, besonders des Chlornatriums, wie sie in dem Blutplasma und in anderen Körperflüssigkeiten enthalten sind.

Es ist also nicht zweifelhaft, dass alle lebenden Wesen elektrische Erscheinungen aufweisen. „Die Elektrizität tierischen Ursprunges", bemerkt D'Arsonval, „ist bisher vorzugsweise an den Nerven und Muskeln studiert worden. Es ist aber gewiss, dass die Elektrizität eine viel allgemeinere Verbreitung hat und alle Erscheinungen des Lebens begleitet. Die Elektrogenese ist gleich der Thermogenese ein Zellphänomen, bedingt durch die nämlichen Ursachen, d. h. durch die für das Leben notwendigen respiratorischen Verbrennungen" [1])!

Natürlich sind auch die Wirkungsbedingungen der elektrischen Energie in den verschiedenen Organismen ausserordentlich verschiedenartig, was mit dem wechselnden elektrischen Leitungsvermögen der Gewebe zusammenhängt (von Ziemssen u. a.). Beachtenswert ist die Tatsache, dass die Zell- und Fasermembranen, sowie die Umhüllungen der Organe und ihrer Lappen und Bündel dem galvanischen Strome grössere Widerstände entgegensetzen, als ihr Inhalt.

In diesem Sinne sind Membranen von der Art des Sarkolemm, des Neurilemm und der Myelinscheide der Nervenfasern als schlechte Leiter der Elektrizität (dielektrisch) anzusehen, während der Inhalt dieser Hüllen, also die Muskelfasern und die Achsenzylinder als vorzügliche Elektrizitätsleiter erscheinen.

[1]) Arch. de physiol. norm. et pathol. 1890 S. 161.

Zu den schlechten elektrischen Leitern gehören dann die Horngebilde, wie die Neuroglia und das äussere Integument des Körpers, besonders in trockenem Zustande: ferner die Fettelemente. In dieser Beziehung haben unsere äusseren Hautdecken zusammen mit dem Unterhautfettgewebe für unseren Organismus die Bedeutung einer wahren dielektrischen Hülle, wie wir sie künstlich an der Leyden'schen Flasche herstellen.

Die wichtigste Quelle elektrischer Ströme im Organismus sind zweifellos die Gewebszellen, die in dieser Beziehung durch ihre Struktur und Zusammensetzung hinlänglich günstige Bedingungen darbieten.

Ausserhalb des Organismus finden wir, äussert sich treffend Kohn[1]), zahllose Schwankungen des chemischen Gleichgewichtes, die alle ohne Ausnahme von Schwankungen des elektrischen Gleichgewichtes begleitet sind; und sind wir ausser Stande irgend eine einzige Tatsache entgegengesetzter Art namhaft zu machen. Ist es nicht völlig unwissenschaftlich, von einem Zellmechanismus zu sagen, er arbeite hauptsächlich durch Anziehung, Licht, Wärme, Chemismus, Osmose, und nur beiläufig bei den Muskeln, Nerven, Drüsen u. s. w. der vielseitigsten, schmiegsamsten und lebendigsten von allen Energien, der Elektrizität, sich zu erinnern? Viele sind der Meinung, mit Elektrizität hätten wir es zu tun nur zu Zeiten von Gewitter, am Galvani'schen Muskelpräparate, gewissermafsen also bei besonderen festlichen Gelegenheiten, ja manche glauben, Elektrizität wäre nur dazu da, um kostbare Spielzeuge und Glühlämpchen in Gang zu bringen. Und doch gibt es keinen Körper ohne elektrische Potenzialdifferenzen, keinen chemischen Vorgang, der nicht als elektrochemisch betrachtet werden könnte."

Nach Skworzow genügt eine Bewegung jonisierter Lösungen in oder aus einer Zelle, um dieselbe in einem derartig dynamisierten Zustande zu erhalten, der als Ernährung, Wachstum und Vermehrung der Zelle zu Tage tritt. In Wirklichkeit aber tritt hier eine Reihe hochwichtiger spezifischer Besonderheiten hinzu[2]). Zu diesen Besonderheiten gehört vor allem der von Ehrlich aufgefundene Gegensatz zwischen Endo- und Paraplasma der Zelle in bezug auf ihr Verhalten zum Sauerstoffe, indem ersteres sozusagen ein anaërobes, letzteres hingegen ein aërobes Dasein führt[3]). Eine weitere Besonderheit beruht darauf, dass das Zellprotoplasma hauptsächlich schwefelhaltige Eiweisse, der Kern vorwiegend phosphorhaltige Eiweisse (Nukleoalbumine) enthält. Eine Besonderheit ist schliesslich auch gegeben durch Differenzen der Konzentration des Zellkernes und des Zellkörpers, indem gewisse Farben-

[2]) Kohn, Studien und Versuche über physiologische Elektrochemie 1899.
[2]) J. P. Skworzow, a. a. O. S. 17.
[3]) Ehrlich, Das Sauerstoffbedürfnis des Organismus.

reaktionen und andere Erscheinungen entschieden dafür sprechen, dass der Kern viel weniger wasserreich ist als der Zellkörper.

Dies alles berechtigt, den lebenden Organismus einer gewaltigen galvanischen Batterie zu vergleichen, in der die einzelnen Elemente und deren Kombinationen durch die elektrischen Membranen von einander getrennt sind [1]).

Auch Cagovez entwickelt eine Theorie der Entstehung elektrischer Ströme im lebenden Gewebe als Folge von Ionendiffusion [2]). Die im Muskel auftretenden elektrischen Ströme sind Konzentrationsströme, abhängig von ungleicher Anhäufung einer Säure (wahrscheinlich eine Verbindung von Kohlensäure mit Eiweiss) in den beiden in den Galvanometer eingeschalteten Muskelstücken; auch eine analoge Eiweissverbindung der Phosphor- bezw. Milchsäure, sowie freie Phosphor- und Kohlensäure könnte hier mehr oder weniger eine Rolle spielen (S. 94 und 95). Als einzige Quelle des Konzentrationsstromes im Drüsengewebe erscheint die Salzdiffusion aus dem konzentrierten Drüsensekret in die verdünnte wässerige Schicht, die sich an der Haut- oder Schleimhautoberfläche befindet (S. 244).

Dazu ist zu bemerken, dass auch die Hautdecken eine grosse Menge Elektrizität entwickeln. Es ist bekannt, dass bei manchen Individuen in der Haut elektrische Ströme von erheblicher Spannung auftreten können. Stärkere elektrische Ströme sind besonders am Haupthaare zu beobachten. Das Auftreten von Funken beim Kämmen der Haare, insbesondere des Frauenhaares, findet hierin seine Erklärung. Bekannt ist auch, dass es bei stärkerer Trockenheit des Haupthaares sich sträubt, sobald man mit der Hand darüber hinstreicht.

Einzelne Individuen haben sogar die Fähigkeit, von ihrer Hautoberfläche aus elektrische Entladungen von erheblicher Stärke zu entwickeln. Man erzählt von einer Amerikanerin, die Funken von 1,5" von sich gab.

D'Arsonval und Féré demonstrierten in der Société de Biologie [3]) eine Frau, die so reich an Elektrizität war, dass von ihrer Körperoberfläche aus leicht elektrische Entladungen erhalten werden konnten, wobei selbst Papierstückchen und andere leichte Gegenstände angezogen wurden [4]). Nach Danilewski (mündliche Mitteilung) soll auch die bekannte Eusepia Paladino diese Fähigkeit gehabt haben. Von deutlichem Einflusse auf die Stärke der kutanen Elektrizität erwiesen sich

[1]) J. P. Skworzow, a. a. O. S. 16.

[2]) V. J. Čagovez, Die elektrischen Erscheinungen in lebenden Geweben vom Standpunkte der neueren physikalisch-chemischen Theorien. Heft 1 u. 2, 1903—1906.

[3]) Bull. de la Soc. de Biologie 1888.

[4]) Die gleiche Fähigkeit besass nach Angabe von A. Danilewski auch die bekannte Eusepia Paladino.

gewisse Reize, wie blaues Glas und Äther, und es liess sich nachweisen, dass Hautelektrizität in diesem Falle hauptsächlich durch Reibung der Kleidungsstücke an der Körperoberfläche entstand.

Eine elektrische Spannung von mehr als 1 Volt vermag, wie D'Arsonval feststellt, die Hautoberfläche nicht zu entwickeln. Doch ist zu bemerken, dass D'Arsonval eine weitere wichtige Elektrizitätsquelle, nämlich die der umgebenden Atmosphäre nicht berücksichtigt. Nach den Untersuchungen des Physikers Hertz über die Verbreitung der elektrischen Strahlen und nach den Ermittelungen von Danilewski über die physiologischen Fernwirkungen der Elektrizität [1]) kann diese Quelle der elektrischen Ladung der Hautdecken — und vielleicht nicht nur diese allein — nicht mehr zweifelhaft sein [2]).

Das Nervengewebe und häufig auch das Muskelgewebe höherer Organismen ist eine Art Akkumulator elektrischer Energie. Infolge der überall im Körper als zentripetale, mit einer isolierenden Scheide umgebene Nervenfasern zerstreuten Leitungen, die von verschiedenen Körperteilen ausgehen und als Entwickelungsstätte molekular-dynamischer Prozesse funktionieren, gehen in den Zentren beständige Stromschwankungen vor sich. Auf Grund der auf die peripherischen Perzeptionsapparate einwirkenden Aussenreizen hinwiederum entwickeln sich ganz analoge Ströme in den spezifischen Nerven der Sinneswerkzeuge.

Es findet endlich auch bei Impulsen, die von den Zentren peripheriewärts gehen, eine beständige Entwickelung von Strömen in den Nervenleitungen und in den Muskeln selbst statt, und zwar unabhängig von dem Übergang eines bestimmten Teiles der Energie in mechanische Muskelarbeit.

[1]) W. Danilewski, Untersuchungen über die physiologischen Fernwirkungen der Elektrizität 1900.

[2]) Nach den Untersuchungen von Waller (Biedermann, Elektrophysiologie II S. 346) weisen Kopf, rechter Arm und rechte Brusthälfte ein elektropositives, hingegen linker Arm, linke Brusthälfte und Beine ein elektronegatives Potenzial auf. Man darf annehmen, dass diese merkwürdige Besonderheit der menschlichen Organisation im Zusammenhange stehe mit der Tätigkeit des Herzens, welches mit seiner Hauptmasse der linken Brusthälfte angehört.

XX.

Das Wesen des Nervenstromes.

Wir kommen damit zu der Frage nach dem Verhalten der tierischen Elektrizität zu dem Wesen des Nervenstromes, sowie nach den etwaigen Beziehungen der elektrischen Energie der Organismen zu jener Neuro- bezw. neuropsychischen Energie, von der vorhin die Rede war und die schliesslich immer als Nervenstrom auftritt.

Über die Natur des Nervenstromes sind sehr verschiedene Hypothesen aufgestellt worden. Delboeuf, Arsonval u. a. haben die Ansicht vertreten, es handle sich hier um eine Welle mechanischer Art, um zentralwärts gerichtete wellenförmige Fortleitung von Schwingungen elastischer peripherer Epithelapparate und Nervenendigungen oder um wellenförmige Schwingungen der Säule des flüssigen Nervenfaserinhaltes.

Diese Hypothese war nur dann begründet, wenn der röhrenförmige Charakter der Nervenfasern bezw. sein flüssiger oder halbflüssiger Inhalt erwiesen wäre und wenn das Kontraktionsvermögen peripherer Zellen bei Einwirkung äusserer Reize sicher feststünde. Die Hypothese der röhrenförmigen Struktur der Nervenfasern hatte früher vieles für sich, als man sich von dem Vorhandensein eines in ein Axolemm eingeschlossenen und von einer Markscheide umhüllten Achsenzylinders überzeugt hatte. Als es jedoch gelang den Achsenzylinder selbst in zahlreiche Primitivfibrillen zu zerlegen, verlor die Hypothese ihre Bedeutung, denn der tubulöse Charakter der Nervenfibrillen ist nicht nur nicht erwiesen, sondern ist ausserordentlich unwahrscheinlich.

Auch die Annahme einer Kontraktilität von Nervenzellen unter dem Einflusse äusserer Reize hat, obwohl die Möglichkeit davon nicht zu bestreiten ist, noch keinerlei positive Grundlage, trotzdem das Bewegungsvermögen gewisser Zellfortsätze (Dendriten) durch eine ganze Reihe tatsächlicher Belege gestützt werden kann, die zuerst aus den Untersuchungen von Rabl-Burckardt, Duval und einer Reihe späterer Forscher (u. a. Narbut in meinem Laboratorium) gewonnen wurden.

Die mechanische Theorie, sagen ihre Verteidiger, erklärt uns auch die Periodizität der Tätigkeit der Nervenzellen, da es erwiesen ist, dass alle von den Zentren zu den Muskeln gehenden Impulse in Gestalt einer

Reihe von Stössen fortgeleitet werden, die mit einer bestimmten Geschwindigkeit aufeinander folgen[1]).

Diese Periodizität wäre natürlich leicht auf eine Periodizität der mechanischen Zellkontraktionen zurückführbar, aber was hat eine solche Vermutung zu bedeuten, so lange das Kontraktionsvermögen der Nervenzellen selbst noch unbewiesen ist?

Daraus ergibt sich ohne weiteres, dass die mechanische Theorie der Nervenimpulse, so verlockend sie durch ihre verhältnismäfsige Einfachheit auch sein mag, gegenwärtig noch einer hinlänglichen Begründung entbehrt.

Komplizierter gestaltet sich der Nervenprozess in einer Darstellung, die Gaule dem Gegenstande widmet[2]) und die ebenfalls von mechanischen bezw. molekular-mechanischen Gesichtspunkten ausgeht. Danach scheidet der Achsenzylinder auf seiner gesamten Bahn ein Sekret aus, das von seiner Hülle absorbiert wird. Bei jeder äusseren Einwirkung erleidet dieser Hergang auf der gesamten Strecke des Nervenbogens bestimmte Veränderungen, wobei das Sekret der Nervenfaser von der Peripherie durch den ganzen Reflexbogen dem Muskel zufliesst. G. nimmt dabei an, dass die Nervenzelle unter gewissen Umständen nur das von dem zentripetalen Nerven Ausgeschiedene in sich aufnehme, bei stärkerer Erregung aber selbst ein Sekret ausscheide, das peripheriewärts den Muskeln zugeführt werde.

Abgesehen davon, dass die Röhrenstruktur der Nervenfasern unerwiesen ist, widerspricht diese wie auch die vorige Hypothese der modernen Neuronenlehre, die besagt, dass es eine organische Kontinuität des Nervenbogens nicht gibt. Andererseits wird man den Vorgang einer Sekretausscheidung am Achsenzylinder und einer Aufsaugung des Sekretes durch dessen Hülle sich schwer vorstellen können mit bezug auf jene feinsten, einer Hülle entbehrenden Fibrillen, in welche der Achsenzylinder sich auflöst. Natürlich ist noch eine Reihe anderer Bedenken gegen die vorliegende ebensosehr verwickelte wie unbewiesene Theorie zu erheben.

Eine gewisse wissenschaftliche Bedeutung hätten mechanische Hypothesen vor dem Auftauchen der Neuronenlehre beanspruchen können: seit der Entwickelung der Neuronenlehre stossen sie aber auf unüberwindliche Schwierigkeiten[3]).

[1]) Die Anzahl dieser Stösse wird für die willkürliche Muskelspannung auf 10—16 in der Sekunde berechnet.

[2]) Gaule, Was ist unser Nervensystem? Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol d. Sinnesorgane. 1901, S. 1—2.

[3]) Neuere Angriffe (von Apathy, Bethe u. a.) gegen die Neuronenlehre erühren meiner Meinung nach nicht das Wesen dieser Theorie. Vgl. hierzu M. Stephanovski, La théorie der neurone dans la dernière période d'ecennale. Bruxelles 1906.

Bei der augenscheinlichen Hinfälligkeit der mechanischen Theorien ist von anderer Seite versucht worden, die Vorgänge am Nerven an der Hand der Chemie zu erläutern. Nach Hering z. B. besteht der Nervenstrom in gewissen chemischen Veränderungen der Nervenfaser, die unter dem Einflusse verschiedener Reize zustande kommen und pulverfadenähnlich sich längs dem Nerven fortpflanzen.

Sehr kompliziert ist die ebenfalls von chemischen Gesichtspunkten ausgehende Hypothese Rosenbach's. Danach wandelt das Nervensystem mittels des Sauerstoffes die chemische Energie der Gewebe in spezifische Nervenenergie um.

Nach diesen chemischen Theorien der Nervenleitung spielen die am Nerven beobachteten elektrischen Erscheinungen sozusagen nur eine nebensächliche Rolle; sie sind nur Begleiterscheinung der während des Nervenstromes sich vollziehenden Molekularveränderungen der Nervenfaser.

Als Zellvorgänge chemischer Natur werden gegenwärtig angesehen: die Veränderungen des Sehpurpurs in der Netzhaut, das Auftreten saurer Reaktion in der Rinde bei Tätigkeit der Nervenzellen (wird auf Milchsäure zurückgeführt), endlich Steigerung der Temperatur der grauen Substanz der Rinde bei geistiger Arbeit. Damit stimmt die Tatsache überein, dass die Nervenzellen besser als andere Zellen mit Blut versorgt sind, ein Umstand, der für den Chemismus oder den Stoffwechsel der Nervenzellen wesentlich in Betracht kommt.

Besonders lehrreich sind in dieser Beziehung die Untersuchungsergebnisse über den Temperaturzustand der grauen Rindensubstanz bei verschiedenen peripheren Reizen. Schon Schiff[2]) hat bei seinen Versuchen mit thermoelektrischen Nadeln, welche in symmetrisch gelegene Teile der Hirnrinde eingeführt wurden, bemerkt, dass ein in Tätigkeit befindlicher Rindenbezirk wärmer erscheint, als die ruhenden Teile der Rinde. Bei Extremitätenbewegungen z. B. bestand eine stärkere Erwärmung des mittleren Teiles der Hemisphären im Vergleiche zu ihren vorderen und hinteren Abschnitten. Bei Schall- und Lichtreizung liess sich nur feststellen, dass dabei die entgegengesetzte Hemisphäre eine stärkere Erwärmung aufwies. Diese stärkere Erwärmung der Hirnrinde im Zustande der Tätigkeit hing aber nicht von Veränderungen des Blutumlaufes ab, da die Temperaturunterschiede noch 12 Minuten nach eingetretenem Herzstillstande vorhanden waren.

Die Befunde von Schiff, Dorta usw. ergeben, dass jede Reizung der Gehirnrinde von einer Temperaturerhöhung in der Gehirnrinde begleitet ist und zwar unabhängig von der Temperatur des Blutes. Es

[2]) Schiff, Recherches sur l'echauffement des nerfs et de centres nerveux etc. Archives de physiol. 1869, II. Rec. de mém. phys. III.

handelt sich im Vergleich zur Bluttemperatur manchmal um 0,3—0,4° C. Die Temperaturerhöhung in diesen Fällen beruht offenbar auf chemischen Prozessen, die in den Zellen vor sich gehen.

Schiff's Versuche sind später von Tanzi[1]) wiederholt worden und zwar mit dem gleichen Erfolge. Die von ihm gefundenen Temperaturschwankungen hängen, wie er annimmt, direkt mit der Gehirntätigkeit zusammen und sind von den Zirkulationszuständen unabhängig. Im Schlafe und bei Ruhe sinkt die Gehirntemperatur und zwar unter die Temperatur des Blutes. Doch haben Untersuchungen von Corso gezeigt, dass auch Erregungszustände in einem der Sinnesorgane eine Abkühlung des Gehirns bewirken können[2]). Mosso wandte gewöhnliche Quecksilberthermometer an und fand, dass die chemischen Vorgänge, die im Gehirn zu einer Steigerung der Temperatur führen, von peripherischen sensiblen Reizen, nicht aber von Veränderungen des Blutumlaufes im Gehirn abhängen.

Erwähnenswert sind ferner die Untersuchungen Mirto's, die auf thermoelektrischem Wege an einem Epileptiker mit Schädeldefekten ausgeführt wurden[3]); auch hier war es deutlich, dass der thermoelektrische Rindenstrom nicht von Veränderungen der Blutzirkulation herrührte. Die Gehirnrinde erschien während des epileptischen Anfalles wärmer als sonst.

Trotz der verschiedenen Meinungsverschiedenheiten über den Temperaturzustand des tätigen Gehirns ist doch soviel als sicher anzusehen, dass im Gehirn während seiner Tätigkeit einerseits Erscheinungen von Wärmebildung, andererseits Erscheinungen von Wärmeabsorption stattfinden können und zwar wird ersteres für Zerfallsprozesse, letzteres für synthetische Prozesse Geltung haben.

Einen Beweis für die Steigerung des Stoffumsatzes der Nervenzellen bei geistiger Arbeit bieten auch die bekannten Befunde über Zunahme der Phosphatmenge im Harn (Donders, Thèse de Paris 1868, Mosler u. a.): nach anderen ist die Stickstoff- und Phosphorsäureausscheidung vermehrt (Byasson). — Speck fand bei geistiger Arbeit keine Produkte eines erhöhten Stoffwechsels, doch gibt er zu, dass derartig subtile chemische Verhältnisse leicht übersehen werden können[4]). Nach einigen wird psychische Arbeit überhaupt nicht von Energieentwickelung begleitet[5]), aber diese Behauptung steht vereinzelt

[1]) Tanzi, Dict. de phys. Cerveau par Richet III. Ricerche termoelectriche sulla cortecia cerebrale. Reggio-Emilia 1889.

[2]) Corso, L'aumento e la diminuzione del colore nel cervello per il lavoro intellettuale. Firenze 1881.

[3]) G. Mirto, Recherches thermoélectriques etc. Arch. ital. de Biologie 1894.

[4]) Speck, Archiv f. experim. Pathol. u. Therapie XV, 1882.

[5]) Belmonde, Riv. sperim. di fren. XXII, 1886.

da und wird durch zahlreiche Untersuchungen (Scerbak, Mosso, Tanzi, Mosler, Tanzerani u. a.) widerlegt, die entschieden einen Chemismus der Nervenzellen während ihrer Tätigkeit nachweisen. Ščerbak findet auf Grund besonders eingehender Untersuchungen[1]), dass der allgemeine Phosphorstoffwechsel beim Menschen in gewissen Fällen eine deutliche Abhängigkeit von dem Zustande der Gehirntätigkeit zeigt; bei geistiger Überanstrengung kommt zu einer gesteigerten Zersetzung phosphorhaltiger Substanzen; eine mikrocephale Idiotin wies einen geringen und im Verhältnis zur Norm konstanteren Phosphorverbrauch auf. Die Untersuchung des Venen- und Arterienblutes des Gehirns deutete darauf hin, dass an den Schwankungen des Phosphorstoffwechsels höchstwahrscheinlich die nervöse Substanz des Gehirns teil nimmt.

Was den Zustand des Nerven während der Leitungstätigkeit betrifft, so sind die gegenwärtig vorliegenden Tatsachen mit bezug auf den Chemismus der Nervenfasern eher von negativer, als von positiver Art.

Wie bereits erwähnt, beobachtet man am Nerven während seiner Tätigkeit weder eine Temperatursteigerung, noch auffallendere Veränderungen des Stoffwechsels, noch auch physikalische Ermüdbarkeit, die doch bei grösseren Veränderungen des Stoffwechsels im Nerven notwendig auftreten müssten. Es ist darauf hingewiesen worden, dass im Verlaufe der Leitung am Nervenstamme ein gewisses Freiwerden von Wärme zu beobachten sei (Rolleston) und dass der geringe Ausschlag in diesem Falle in dem vorzüglichen Wärmeleitungsvermögen der Markscheide seine Erklärung finden soll. Es ist, wird hervorgehoben, auch nicht leicht, an dem von alkalisch reagierender lymphatischer Flüssigkeit umspülten Nerven saure Reaktion festzustellen, zumal in der weissen Substanz des Gehirnes im Zustande seiner Tätigkeit keine saure Reaktion zu bemerken sei. Es wäre natürlich denkbar, dass auch das Ausbleiben von Ermüdungserscheinungen am Nerven von schnellem Stoffersatz auf Kosten der in der Markscheide vorhandenen Vorräte abhänge. Endlich soll die negative elektrische Stromschwankung bei anhaltender Tätigkeit des Nerven eine Abnahme zeigen. Nichtsdestoweniger erscheinen die chemischen Erklärungsversuche der Nervenleitung so unzureichend und so wenig durch Tatsachen begründet, dass sie wohl schwerlich den Wert einer Theorie beanspruchen dürfen.

Doch ist zu beachten, dass die chemische Theorie es nicht erklärt, wie mit der Geringfügigkeit der chemischen Vorgänge am tätigen Nerven, die selbst mit unseren modernen Untersuchungsmethoden nicht zu entdecken sind, jene hochgradigen Schwankungen des elektrischen Stromes in Einklang zu bringen sind, die an dem Nerven während seiner Tätigkeit hervortreten, wenn dieselben als Produkt chemischer

[1]) Dissert. St. Petersburg 1890.

Vorgänge an der Nervenfaser aufgefasst werden sollen. Hier liegt ein so auffallender Widerspruch vor, der mit Hilfe von Erwägungen, die auf eine ausschliesslich chemische Erklärung der Nervenleitung hinzielen, nicht zu beseitigen ist. Angenommen, dass bei dem Nervenstrome gewisse chemische Prozesse an den Nervenzellen und in geringerem Grade an den Nervenfasern selbst wirksam sind, so ist zu betonen, dass eine Erklärung des ganzen Vorganges der Nervenleitung aus chemischen Veränderungen unmöglich ist, wenn man bedenkt, dass während der Nerventätigkeit weder eine merkliche Steigerung des Stoffwechsels (etwa in Gestalt vermehrter Kohlensäureausscheidung), noch Temperatursteigerung, noch auch physikalische Ermüdung des Nerven auftritt, wie dies durch zahlreiche Untersuchungen[1]) direkt erwiesen ist.

Nach Wwedenski[2]) tritt Ermüdbarkeit am Nerven deshalb nicht ein, weil der Nerv gewissermafsen eine präformierte Molekularbewegung in seiner Längsrichtung fortpflanzt, die ihm von einer Nervenzelle oder von den Endigungen einer Nervenfaser, also von speziellen peripheren Einrichtungen sensibler Organe mitgeteilt werden. Der Nerv selbst, der somit nur bestimmte Signale zu übertragen hat, hat mit der Entwickelung lebendiger Energie nichts zu tun.

Die chemische Theorie der Nervenfaserleitung ist bei dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens jedenfalls nicht aufrecht zu erhalten, selbst wenn keine absolute, sondern nur eine relative Unermüdbarkeit des Nerven besteht, wie dies aus einigen Versuchen (Herzen) hervorzugehen scheint.

Es ist im Hinblicke auf die Schwierigkeiten einer ausschliesslich mechanischen oder ausschliesslich chemischen Erklärung der Nervenerscheinungen versucht worden, eine Art Heterogenie des Nervenprozesses wahrscheinlich zu machen, und mehrere Typen desselben zu eruieren. Nach der dahinzielenden Darstellung von Orschanski[3]) ist 1) der Charakter des Nervenprozesses an den Nervenzellen und an den Nervenfasern ein wesentlich verschiedener; 2) in den Nervenzellen, welcher Gegend des Rückenmarkes oder Gehirnes sie auch angehören mögen, bleibt sich der Nervenprozess seinem Wesen nach überall gleich und besteht hauptsächlich in Freiwerden, Anhäufung und Verteilung einer mit chemischen Mitteln entwickelten Nervenenergie; 3) in den Nervenfasern der verschiedenen Sinnesorgane ist der Nervenprozess seinem

[1]) Boruttau, Untersuchungen über die elektrischen Erscheinungen am tätigen Nerven. Pflüger's Archiv Bd. 58, 59, 63. Vgl. auch die bezüglichen Untersuchungen von N. Wwedenski (Erregung, Hemmung und Narkose. Verhdl. d Psychol. Ges. 1900), Bodwitsch u. a.

[2]) N. Wwedenski, Von der Unermüdbarkeit der Nerven. St. Petersburg 1901.

[3]) J Orschanski, Der Mechanismus des Nervenvorganges. St. Petersburg 1898, S. 262.

Wesen nach höchst wahrscheinlich verschiedenartig, und selbst in einem und demselben Nerv ist die Möglichkeit eines gleichzeitigen Bestehens von Nervenwellen verschiedener Form anzunehmen. Wir können hier auf die vorstehenden Darlegungen nicht näher eingehen, es scheint aber, dass auch die Lehre der sog. Heterogenie weder die Mängel der mechanischen noch die der chemischen Theorie radikal beseitigt

Seit den bekannten Ermittelungen von Du Bois-Reymond sind vielfach elektrische Vorgänge zur Erklärung der Erscheinungen der Nervenleitung herangezogen worden, und man hat zugunsten dieser Hypothese unter anderem Tatsachen aufgeführt, die die Unermüdbarkeit des Nerven und das Fehlen merklicher Steigerungen seines Stoffwechsels beweisen sollen.

Nerv oder Nervenfaser bieten infolge ihrer Struktur der Fortleitung des elektrischen Stromes ausserordentlich günstige Bedingungen dar. Ein gutes Leitungsvermögen hat am Nerv bekanntlich nur der Achsenzylinder, während die Markscheide des Nerven als eine Art Isolator funktioniert. Wenn die Geschwindigeit des Nervenstromes um ein Vielfaches geringer ist als die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des elektrischen Stromes, so beruht dies offenbar auf zweckmäfsigen Hemmungsvorrichtungen im Bereiche der Nervenfaser auf einer dadurch bedingten zweckmäfsigen Verlangsamung des Nervenstromes, die, wie anzunehmen, eine Steigerung des Endeffektes der Nervenerregung bewirkt. Da bei der Natur der Aussenreize und bei der Anordnung der reizaufnehmenden Apparate die Perception eines Aussenreizes keine momentane sein kann, so wäre es für die Gesamtzwecke des Organismus natürlich von höchstem Nachteile, wenn der Nervenstrom die von der Peripherie ankommenden Reize direkt den Zentren zuführen würde, denn dies hätte den Erfolg, dass ein und derselbe an der Peripherie wirksame Reiz nicht eine einheitliche, sondern mehrere getrennte Wirkungen hervorrufen würde. Das Vorhandensein von Hemmungen in der Nervenleitung erklärt auch die sog. Reizschwellen, denn sonst würden die geringfügigsten Reize von den Nerven den Zentren übermittelt und hierdurch diese unnötigerweise überlastet.

Boruttau vergleicht den Nerv im physiologischen Zustande einem in 0,6 % physiologischer Lösung befindlichen Platindrahte, wobei die sich entwickelnden elektrischen Erscheinungen mit nur geringem Energieverbrauche von statten gehen, aber zu lebhaftem Stoffwechsel und Energieverbrauch in den mit der Nervenfaser verbundenen Organen Anlass geben. Es ist darum natürlich, dass bei allen auf Nerventätigkeit beruhenden Körpervorgängen in den tätigen Organen galvanische Erscheinungen auftreten müssen. Bei Reizung sekretorischer Nerven z. B. wird man neben Absonderung eines Drüsensekretes das Auftreten eines besonderen Sekretionsstromes wahrnehmen.

XXI.

Die elektrischen Erscheinungen in den Nervenzentren und Nerven.

Im Muskel geht die Stromentwickelung dem Auftreten der Kontraktion voraus, die ebenfalls von einem Auftreten galvanischer Erscheinungen begleitet wird. Die Gegenwart galvanischer Ströme im tätigen Muskel wird sehr anschaulich durch jenen bekannten Versuch bewiesen, wobei der Nerv vom Nervmuskelpräparate des Frosches auf einen sich kontrahierenden Muskel, z. B. auf ein lebendes pulsierendes Herz gelegt wird und in dem Muskel des Präparates sofort eine Kontraktion auftritt. Auch das Zwerchfell kontrahiert sich bekanntlich nach Durchschneidung des Nervus phrenicus bei jedem Herzschlage. Bringt man einen Muskel vom kurarisierten Frosche bei 10° C. in eine Lösung von 5,0 Chlornatrium, 2,0 phosphorsaurem Natron und 0,5 kohlensaurem Natron in 1 Liter Wasser, so treten an dem Muskel rhythmische Kontraktionen auf, die manchmal mehrere Tage anhalten.

Solvay[1]) ist sogar der Ansicht, die Hauptquelle der Körperelektrizität sei in den Muskeln zu suchen, wo die lebhaftesten Oxydationsprozesse vor sich gehen. Die Muskeln erscheinen ihm gewissermafsen als physiologische Batterie, das Nervengewebe dagegen bloss als vorzüglicher Elektrizitätsleiter, dem im Leben des Organismus wichtige allgemeine Aufgaben zufallen.

Diese Auffassung entspricht aber nicht den Tatsachen, da bei Tieren, die durch Kurarisierung vollständig bewegungsunfähig gemacht sind, selbständige Stromschwankungen in den Zentren unter Einfluss physiologischer Reize auftreten.

Nun ist aber das Nervensystem nicht bloss Leiter, sondern auch ausgedehnte Anhäufungsstätte tierischer Elektrizität und alle in dem Nervensystem sich abspielenden Vorgänge sind bedingungslos begleitet von elektromotorischen Erscheinungen. Den ersten grösseren Fortschritt nach den berühmten Entdeckungen Galvani's verdanken wir in dieser Beziehung E. Du Bois-Reymond, durch dessen Untersuchungen nach entsprechender Berichtigung ihrer theoretischen Voraussetzungen durch andere Forscher die Grundlagen unserer modernen Elektrophysiologie der Nerven und Muskeln geschaffen worden sind. An der Hand einer

[1]) E. Solvay, Du rôle de l'electricité dans les phénomènes de la vie animale. Bruxelles 1984.

überaus empfindlichen Vorrichtung zum Nachweise elektrischer Ströme, des sog. Sinusmultiplikators, der mit nicht polarisierten Elektroden versehen wurde, eruierte er zum ersten Male die Gesetze des Muskelstromes und weiterhin die analogen Gesetze des Nervenstromes, die ihren Ausdruck in dem bekannten Satze finden: alle Punkte der Längsoberfläche der Nerven und Muskeln verhalten sich elektropositiv zu den Punkten ihrer Querschnitte. Ebenso sind am Gehirn die Punkte seiner Oberfläche elektropositiv in bezug auf beliebige Punkte von Querschnitten des Rückenmarkes und Gehirnes[1]). Im Jahre 1843 entdeckte Du Bois-Reymond die Stromabnahme im Nerven bei Reizung desselben oder die von ihm sog. elektronegative Schwankung des Nervenstromes. Diese elektronegative Schwankung verbreitet sich, wie sich weiterhin herausstellte, längs dem Nerven sowohl in zentripetaler, wie in zentrifugaler Richtung vom Orte der Reizung. Sie steht in keinerlei Abhängigkeit von der Qualität des Reizes und tritt, als Zustand der Erregung des Nerven sich kennzeichnend, nicht bloss bei elektrischer, sondern auch bei mechanischer und chemischer Reizung, sowie im Gefolge von Reflexen auf, die von entfernten Körperteilen aus durch die Zentra hindurch gehen. Da bei Reizung eines Nerven keinerlei Bedingungen auftreten, welche die Hemmungen in demselben steigern, so liess sich die Abnahme des Stromes nur durch Abnahme der elektrischen Energie selbst erklären.

Dass die negative Schwankung als Ausdruck des Nervenstromes selbst sich darstellt, ersah Du Bois-Reymond daraus, dass die Grösse der Schwankung unabhängig ist von dem Orte der Reizapplikation, dass somit der Nervenstrom den Nerv ohne Energieverlust durchläuft. Ferner wird quere Stromleitung im Nerv und Muskel weder von Muskelkontraktion, noch auch von negativer Schwankung im Nerven begleitet. Spätere Untersuchungen von Bernstein[2]) mit Hilfe des Differentialrheotoms, welches in jeder Sekunde eine vielfältige Reizung des Gewebes und eine ebenso häufige Verbindung und Trennung vom Galvanometer ermöglicht, haben sodann ergeben, dass Ausbreitung der negativen Schwankung längs dem Nerven und Erregung desselben zeitlich zusammenfällt.

Die theoretischen Darlegungen Du Bois-Reymond's über peripolare und biopolare Moleküle in dem neuro-muskulösen Gewebe und über die Präexistenz elektromotorischer Quellen im Nerv und Muskel lassen wir hier ganz bei Seite, zumal dieselben nach den Bedenken, die Helmholtz, Matteuci[3]), Hermann und andere dagegen

[1]) Du Bois-Reymond, Untersuchungen über tierische Elektrizität. 1848 bis 1860.

[2]) Bernstein, Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsysteme. Heidelberg 1811.

[3]) Matteuci, Leçons sur l'électricité animale 1856; Cours d'électro-physiologie 1858.

erhoben haben, sich in der Wissenschaft keiner allgemeinen Anerkennung erfreuen.

Übrigens ist mehrfach die Frage diskutiert worden, ob die elektronegative Schwankung von Du Bois-Reymond als physiologische oder einfach als physikalische Erscheinung anzusehen sei. Du Bois-Reymond selbst wollte die Frage in dem erstgenannten Sinne entschieden wissen, indem er sich auf die Tatsache stützte, dass negative Schwankung schon bei so minimen Reizströmen auftrete, dass bei dem angenommenen Abstande zwischen dem Nervenstück im Multiplikator und der Applikationsstelle der Elektroden ein Einfluss des Elektrotonus nicht zu erwarten ist. Ausserdem erhält man elektronegative Schwankungen, wie schon erwähnt, auch durch mechanische und chemische Reizung, die mit Elektrizität nichts zu tun hat.

Trotzdem versuchen selbst neuere Forscher, wie Fredericq, Steinach und besonders Boruttau[1]), Hoorweg[2]) und andere die physiologische Bedeutung der elektronegativen Schwankung des gereizten Nerven zu leugnen. Auf der anderen Seite ist durch Untersuchungen von Biedermann[3]), Cibulski und Sosnowski[4]) das Gewicht jener Einwendungen beseitigt und der elektronegativen Schwankung diejenige physiologische Bedeutung zuerkannt worden, die sie in den Augen der meisten modernen Physiologen mit vollem Rechte beansprucht.

Nach Hermann sind in unverletzten ruhenden Geweben Ströme nicht vorhanden; dagegen beruht die elektromotorische Kraft beschädigter Gewebe ausschliesslich auf der Verletzung selbst. Da jede Durchschneidung Gewebstod nach sich zieht, ein Vorgang, der einwärts von der Schnittebene fortschreitet und durch saure Reaktion sich kenntlich macht, so lässt sich, wenn man annimmt, dass absterbende Gewebe sich in bezug auf lebende elektronegativ verhalten, hierin nach Ansicht von Hermann eine völlig befriedigende Erklärung für alle am ruhenden Gewebe beobachteten Erscheinungen finden.

Was die im Zustande der Tätigkeit beobachteten elektrischen Erscheinungen betrifft, so erklärt Hermann dieselben in der Weise, dass nicht bloss die absterbende Substanz, sondern auch die im Zustande der Erregung befindliche elektronegativ sei in bezug auf den ruhenden unbeschädigten Teil einer Faser[5]).

Nach Hermann beruht demnach das Auftreten der negativen Schwankung oder des Tätigkeitsstromes (Hermann) im Nerven auf

[1]) Pflüger's Archiv 1894.
[2]) Pflüger's Archiv 1898, Bd. 71.
[3]) Elektrophysiologie II 1895.
[4]) Zentralblatt für Physiologie 1899, Nr. 20.
[5]) Hermann, Handbuch der Physiologie.

gewissen molekularen oder chemischen Umsetzungen, die beim Gewebstode oder bei Erhöhung der Gewebstätigkeit sich vollziehen.

Nun kann aber von einer wirklichen Ruhe im lebenden Gewebe wohl nicht die Rede sein. Osmose, Filtration, Kapillarität, Stoffwechsel, Zerfall und Regeneration sind konstante Vorgänge des lebenden Gewebes und seiner Zellen, und es müssen deshalb naturgemäfs auch in dem „ruhenden" Gewebe Ströme vorhanden sein, die zum Unterschiede von den Aktionsströmen als sog. Ruheströme zu bezeichnen wären und die mit Hilfe empfindlicher Galvanometer leicht zu entdecken sind [1]).

Auch die Stromrichtung ist keine beständige Grösse, sondern je nach den chemischen Gewebsverhältnissen variabel. Im lebenden Gewebe ist der Strom im allgemeinen um so stärker, je verschiedenartiger die in zwei Gewebsbezirken vorhandenen chemischen Erscheinungen sind, und je nach der Natur und den wechselseitigen Beziehungen dieser Erscheinungen ist auch die Stromrichtung Veränderungen unterworfen.

Der Aktionsstrom ist, wie die weitere Untersuchung bezeugt, an und für sich zusammengesetzter Natur. Er besteht wesentlich aus zwei verschiedenen Strömen, einem gegen das Ende des untersuchten Nerven gerichteten und einem diesem entgegengesetzten. Je nach dem Überwiegen des einen oder des anderen Stromes wird die Resultante, also der sog. Aktionsstrom verschiedene Stärke und Richtung aufweisen. Hermann zerlegt den Aktionsstrom bekanntlich in drei Stromarten: 1) Kompensationsströme, die der eigentlichen negativen Schwankung von Du Bois-Reymond entsprechen, 2) Phasenströme, bedingt durch elektronegativen Zustand des erregten Gewebes in bezug auf das ruhende Gewebe, und 3) Dekrementialströme, bedingt durch den Unterschied des Grades der Erregung zweier mit den Elektroden in Verbindung gebrachter Punkte.

Das eigentliche Wesen des Tätigkeitsstromes ist aber damit zweifellos nicht endgiltig erschlossen und auf jeden Fall der Standpunkt gänzlich unzulässig, dass diese Ströme nicht auch mit dem tätigen Zustande des unbeschädigten Nerven in Beziehung stehen.

---

[1]) Tschirjev (Schriften d. Akad. d. Wiss. zu St. Petersburg 1902) erklärte neuerdings die elektronegative Schwankung für ein Kunstprodukt. Dem steht aber entgegen, dass man elektronegative Schwankung in den Nerven mittels Reflex durch die Zentra bei natürlichen bezw. physiologischen Reizen, die auf die Peripherie wirken, erhalten kann. Auch in den Zentren beobachtet man Stromschwankungen bei Einwirkung natürlicher (physiologischer) Reize auf die Sinnesorgane (Netzhaut), bei Unversehrtheit des Nervensystems. Die nach dem Erscheinen von T.'s Schrift in meinem Laboratorium ausgeführten umfassenden Untersuchungen von Dr. Kaufmann widerlegen entschieden T.'s Ansicht über die Artefaktnatur der elektrischen Schwankung sowohl hinsichtlich des peripheren, wie auch hinsichtlich des zentralen Nervensystems (Kaufmann, Dissert., St. Petersburg).

XXII.

Das Verhalten der elektrischen Erscheinungen und des sog. Aktionsstromes zu dem tätigen Nerven.

Von weiteren, den sog. Tätigkeitsstrom betreffenden Einzelheiten abgesehen, handelt es sich hier um die Frage: ist die elektronegative Schwankung bezw. der Aktionsstrom Ausdruck eines Tätigkeitszustandes des Nerven oder ist dies ein physiologischer Zustand, der nicht immer mit dem Tätigkeitszustand des Nerven zusammenfällt? Obwohl bisher noch kein Beispiel bekannt ist, wo im tätigen Nerven kein Tätigkeitsstrom vorhanden gewesen wäre, bleibt die Frage offen, ob nicht Fälle vorkommen, wo der Nerv als solcher untätig ist und doch ein Tätigkeitsstrom in ihm auftritt.

Auf Grund von Spezialversuchen über das Verhalten der negativen Schwankung am ermüdeten, absterbenden und kuraresierten Nerven entscheidet Herzen die Frage im bejahenden Sinne. Während unter diesen Verhältnissen vom Zentralende des Nerven keine Muskelkontraktionen erzielbar waren, konnte eine elektronegative Schwankung des Nerven trotzdem in voller Deutlichkeit beobachtet und zugleich vom peripheren Nervenende aus eine Muskelkontraktion erzeugt werden. Es erfolgte also an einem noch zur Tätigkeit befähigten Nerven eine negative Schwankung, während nach den Erscheinungen am Muskel ein Tätigkeitszustand in ihm nicht bestand.

Wir wollen hier indessen auf alle Einzelheiten dieser minutiösen Untersuchungen nicht eingehen, sondern nur einige Sätze hervorheben, die Herzen betreffs der Einwirkung des Kurare auf die Nerven anführt: „Die Mehrzahl der Physiologen nimmt den Nerv, wenn keinerlei Reizung mehr imstande ist eine Kontraktion hervorzurufen, hingegen der Galvanometer fortfährt bei jeder Reizung eine negative Schwankung zu zeigen; hieraus wird dann geschlossen, dass der Nerv fortfahre wie früher zu funktionieren, dass er unermüdbar sei und vom Kurare in keinerlei Weise affiziert werde, mit anderen Worten, dass weder Ermüdung, noch auch das Kurare den Nerv selbst tangieren, sondern dass sie ausschliesslich auf die Endplatte (Nervenendigung) ein-

wirken, welche allein durch übermäßige Tätigkeit erschöpft oder durch das Gift gelähmt werde. Eine derartige Erklärung stimmt nicht mit den von mir beobachteten Tatsachen überein: in dem Augenblicke, wo der zentrale Teil des Nerven bereits seinen Einfluss auf den Muskel verloren hat, kommt dieser Einfluss dem peripheren Teil des Nerven noch zu; letzterer ist noch funktionsfähig und funktioniert auch in der Tat, wenn nur der Nerv ihm den physiologischen Reiz zuführt. Wie kommt es alsdann, dass Reizungen des zentralen Nervenabschnittes in funktioneller Hinsicht ohnmächtig sind und doch eine negative Schwankung längs dem ganzen Nerven hervorrufen, ohne dass der periphere Nervenabschnitt, der selbst erregbar und fähig den Muskel in Erregungszustand zu versetzen, in Aktion trat? Das elektrische Phänomen ist offenbar ein weniger sicheres Zeichen physiologischer Tätigkeit, als man annimmt, und kann unter Umständen auch selbständig, ohne gleichzeitige Nerventätigkeit, vorhanden sein" [1]).

Wohl zu beachten sind schliesslich die Erscheinungen des langsamen Absterbens des Nerven. Die Vorgänge dabei sind analog denen bei der Kuraresierung oder bei der Nervenermüdung. Hier erfolgt, wie allgemein anerkannt, der Absterbeprozess vom Zentrum zur Peripherie hin, weshalb an einem bestimmten Zeitpunkte des Absterbens des Nerven Reizung seines zentralen Endes keine Muskelkontraktionen auslöst, während negative Schwankung in der ganzen Länge des Nerven vorhanden ist. Augenscheinlich ist die negative Stromschwankung auch hier nicht bedingungslos an ein physiologisches Funktionieren gebunden, denn sonst dürfte sie nicht zu einer Zeit auftreten, wo eine funktionelle Tätigkeit im Nerven noch nicht vorhanden ist. Es gibt augenscheinlich bestimmte Veränderungen des Nerven, wobei die funktionelle Tätigkeit verloren geht, während gleichzeitig negative Schwankungen fortbestehen. Hieraus folgt wiederum, dass die galvanometrischen Erscheinungen mit dem Vorgange der Nervenleitung nicht identisch sind.

Da es sich in diesen Fällen um veränderte, physiologisch nicht ganz einwandfreie Nerven handelt, unterwarf Herzen bestimmte Strecken des Nerven der Behandlung mit Chloralose. Bekanntlich kann man es durch Vergiftung einer bestimmten Nervenstrecke durch Kokain erreichen, dass der Nerv auf der vergifteten Strecke seine Erregbarkeit verliert, ohne dass diese Strecke leitungsunfähig wird. In ähnlicher Weise wirken noch einige andere Substanzen, so Chloralose. Die Vergiftung des Nerven geschah in situ zwischen den Muskeln, und behufs Untersuchung der negativen Stromschwankung wurde der Muskel schnell

[1]) Herzen, a. a. O. S. 10. — Ist die negative Schwankung unfehlbares Zeichen der physiologischen Tätigkeit? Zentralbl. f. Physiol. 1899, Bd. 12, Nr. 18. — Derselbe, Une question préjudicite d'électro-physiologie nerveuse. Revue scientifique 1900, Bd. 13.

umschnitten und das periphere Nervenende mit dem Galvanometer verbunden. Das Ergebnis dieser Versuche war im ganzen dasselbe, wie das Ergebnis der vorerwähnten, nämlich dies, dass die Reizung des mit Chloralose behandelten Bezirkes keine Muskelkontraktion ergab, aber wohl eine „vorzügliche" negative Schwankung erzielte. Trotz der Unerregbarkeit der narkotisierten Strecke erzeugte schon schwache Reizung des zentralen Nervenendes Muskelkontraktionen. Diese Versuche sprachen also anscheinend strikt gegen einen inneren Zusammenhang zwischen den elektrischen Erscheinungen im Nerven und seinem Tätigkeitszustand und führte zu der Annahme, dass die elektrischen Erscheinungen hier nicht eine wesentliche Rolle spielen, sondern nur nebensächlich in Betracht kommen und nicht immer mit dem Tätigkeitszustande des Nerven zusammenfallen.

Demgegenüber führten Untersuchungen einer ganzen Reihe anderer Autoren zu dem Ergebnis, dass die Darstellung Herzens wesentliche Ungenauigkeiten aufweist. Nach Cybulski und Sosnowski[1]) soll es sich dabei nicht um negative Schwankungen, sondern um besondere durch faradische Stromwirkung hervorgerufene sog. katelektrotonische Erscheinungen gehandelt haben, eine Behauptung, die alsbald durch Radzikovski widerlegt wurde[2]); er fand die Erscheinungen in der Tat so, wie sie Herzen beschreibt, bemerkte aber in der Anordnung der Herzen'schen Versuche wesentliche Mängel.

Eben darauf deuteten schon die Versuche Boruttau's, die Herzen's Darstellung in keiner Weise bestätigten[3]), ganz besonders aber die Untersuchungen Wwedenski's[4]). Er erkannte die grosse Ungenauigkeit von Herzen's Versuchen (Veränderungen der Stromdichtigkeit beim Eintauchen der Elektroden in die zwischen den Muskeln befindliche Chloralose, Untersuchung des nun herausgenommenen Nerven auf negative Schwankung unter ganz anderen Bedingungen u. s. w.). Bei entsprechend veränderter Versuchsanordnung ergab sich bei Behandlung des Nerven mit Chloralose und einer ganzen Reihe anderer Narkotika ein vollständiges Fehlen der von Herzen angegebenen Erscheinungen (Unerregbarkeit einer bestimmten Nervenstrecke und Auftreten von Muskelkontraktionen bei schwacher Reizung des zentralen Nervenendes). Die „telephonische Untersuchung des Nerven (Signalisierung des Aktionsstromes) bestätigte den vollen Parallelismus zwischen negativer Schwankung

[1]) Cybulski und Sosnowski, Zur Frage: ist die negative Schwankung ein unfehlbares Zeichen u. s. w. Zentralbl. f. Physiol. 1899, Bd. 13, Nr. 20.

[2]) Radzikowski, Neue Versuche über den Aktionsstrom in unerregbaren Nerven. Pflüger's Archiv 1900, Bd. 84. Zentralbl. f. Physiol 1901, Bd. 15, H. 10.

[3]) Boruttau, Die Aktionsströme und die Theorie der Nervenleitung. Pflüger's Archiv 1902, Bd. 81, 84, 90, 190.

[4]) N. Wwedenski, Erregung, Hemmung und Narkose. St. Petersburg 1902.

und Aktionsstrom. Demnach ist die negative Schwankung bezw. der Aktionsstrom direkter Ausdruck des tätigen Zustandes des Nerven. Das gleiche Ergebnis lieferten Untersuchungen mit dem Galvanometer.

Ich kann die Beweiskraft der Versuche Wwedenski's zum grossen Teil selbst aus eigener Anschauung vollkommen bestätigen, wie sie auch von Boruttau erhärtet wurden, zumal Herzen selbst (bei Gelegenheit eines Vortrages von Wwedenski auf dem Pariser Internationalen Kongress für Medizin) die frühere Deutung seiner Versuche hinsichtlich der Unabhängigkeit der negativen Schwankung vom Tätigkeitszustande des Nerven zu modifizieren sich veranlasst sah. Es kann also, nach allem, was darüber vorliegt, von dem Auftauchen einer negativen Schwankung im untätigen Nerven keine Rede sein, und wie ohne negative Schwankung ein Tätigkeitszustand des Nerven nicht besteht, so ist auch umgekehrt eine negative Schwankung nicht ohne Tätigkeitszustand des Nerven möglich.

Bedeutungsvoll ist auch die sog. positive Nachschwankung, die im Nerven gewöhnlich nach Aufhören der Erregung eintritt und darin zum Ausdrucke kommt, dass, wenn man die Nervenreizung plötzlich ausschaltet, die Galvanometernadel nicht aus ihrer negativen Schwankung in ihre ursprüngliche Lage zurückkehrt, sondern noch einen stärkeren oder schwächeren Ausschlag nach der positiven Seite macht, was gewissermafsen eine Verstärkung des ursprünglichen Ruhestromes anzeigt. Diese Nachschwankung hat man als Ausdruck der Lebenstätigkeit eines Nerven betrachtet, dessen Erschöpfung dadurch gekennzeichnet sein soll, dass nach dem Aufhören der Erregung die positive Nachschwankung weit weniger lebhaft sei als im gesunden Zustande des Nerven oder gar gänzlich ausbleibe, eine Ansicht, welche von Hering, Engelmann, Head und anderen vertreten wird.

Dass die Nachschwankung deutlich auf Lebenstätigkeit des Nerven hindeutet, ist Tatsache, ob aber diese Schwankung einen Mafsstab für den Grad der Erschöpfung bezw. der Erregbarkeit eines Nerven abgibt, wäre noch näher zu untersuchen.

Ein besonderes Interesse gewinnen im Zusammenhange damit die vorhin erwähnten Untersuchungen von Wwedenski über elektrische Erscheinungen am narkotisierten Nerv. Er konnte zunächst an der Hand einer besonderen Versuchsreihe nachweisen, dass die Narkose nicht eine einfache Unterdrückung, vielmehr einen besonderen aktiven Zustand des Nerven bedeutet. Wenn man nun zwei Punkte eines Nerven in den Multiplikator einschaltet und sodann das eine Stück mit Hilfe von Kokain oder 1 % Karbolsäurelösung narkotisiert, das andere aber von Narkose unbetroffen lässt, so tritt am Nerven sofort eine elektronegative Schwankung (bezw. ein Aktionsstrom) auf, die nach dem Aufhören der Narkose allmählich verschwindet. Eine genauere Verfolgung

der Entwickelung dieser elektronegativen Schwankung während der Narkose eines Nervenbezirkes zeigte dem Verf., dass anfangs eine elektropositive Welle auftritt (eine Erscheinung, von deren Beständigkeit Verf. übrigens nicht ganz überzeugt ist), worauf dann eine elektronegative Schwankung sich entwickelt. Befreit man den Nervenbezirk von der Narkose (z. B. durch Abspülen des narkotischen Mittels), so geht die elektronegative Schwankung nach und nach in eine elektropositive über, worauf dann die Nadel des Multiplikators ihren Ruhezustand annimmt. Es ist sehr bemerkenswert, dass das Übergangsstadium in den erörterten Versuchen von lebhaften Schwankungen der Nadel begleitet war, die, magnetischen Stürmen in der Natur vergleichbar, vom Verf. als elektrischer Nervenstrom bezeichnet werden.

Aber auch unter dem Einflusse spezifischer Reizung der Sinnesorgane können analog elektrische Veränderungen am Nerven zustande kommen. Schon Du Bois-Reymond machte nach dieser Richtung hin Versuche über Tast- und Schmerzreizung der Froschhaut und erhielt dabei ebenfalls Erscheinungen negativer Stromschwankung am N. ischiadicus. Die Untersuchungen Holmgren's[1]) bestätigten fernerhin die Angabe Du Bois-Reymond's, wonach die Schicht der Stäbchen und Zapfen sich elektronegativ zu den Fasern des Sehnerven verhält. Er konnte zugleich eruieren, dass bei den höheren Tieren Belichtung der Netzhaut elektronegative, dagegen Verdunkelung elektropositive Schwankungen hervorruft, und selbst Änderungen der Lichtintensität bedingten einen entsprechenden Ausschlag der elektrischen Erscheinungen am Nerven[2]).

Was den Einfluss von Hautreizung auf die elektrischen Ströme im Nerven betrifft, so liegen hierüber Untersuchungen von Fuchs[3]) an Selachiern und Torpedineen vor, bei welchen im Verästelungsgebiete des N. trigeminus bekanntlich besondere Kanäle (Lorenzinische Ampullen, Lavié'sche Bläschen) vorhanden sind, die wahrscheinlich besonderen Sinneswerkzeugen entsprechen. Fuchs entfernte bei diesen Tieren das Gehirn und Rückenmark und verband das zentrale Ende des N. trigeminus mit unpolarisierbaren Elektroden. Es zeigte sich dabei, dass eine leichte Berührung der Haut über jenen Bläschen genügend ist, um sofort eine negative Schwankung am Galvanometer hervorzurufen. Im vorliegenden Falle handelt es sich offenbar um physiologische Reizung eines speziellen Sinneswerkzeuges.

[1]) Untersuchungen aus dem physiologischen Institut der Universität Heidelberg. Bd. III. S. 278.

[2]) Bei niederen Tieren tritt sowohl bei Belichtung wie bei Verdunkelung eine elektropositive Wirkung in der Netzhaut auf.

[3]) Fuchs, Pflüger's Archiv. 1895, Bd. 59.

Dewar und M'Kendrick[1]) fanden, dass beim Übergang vom Dunkeln ins Helle die Stromschwankung im Sinne des Ruhestromes sich steigert und dass unter diesen Verhältnissen die elektromotorische Kraft im Auge bei verschiedenen Tieren um 3—10 % zunimmt. Durch andere Versuche waren die genannten Forscher bemüht zu verfolgen, wie weit der Strom in der Richtung zu den Zentren des Gehirnes sich fortpflanze. Es zeigte sich, dass noch im Gebiete der Zweihügel sehr ausgesprochene Erscheinungen hervortreten. An narkotisierten Tauben wurde die Hornhaut des rechten Auges und der Lobus opticus sinister in den Strom gebracht und es ergab sich, dass Belichtung des rechten Auges sofort hochgradige Steigerung der anfänglichen Stromschwankung zur Folge hatte. Wurde aber der vordere Leiter auf die linke Cornea übertragen und der hintere am Lobus opticus sinister belassen, so stellte sich bei Belichtung des rechten Auges die nämliche Erscheinung, aber in schwächerem Grade ein, wogegen gleichzeitige Belichtung beider Augen bei der gleichen Versuchsanordnung lebhafte Stromschwankungen zur Folge hatte.

Gleich anderen Forschern konnten Kühne und Steiner[2]) sich überzeugen, dass die Schicht der Stäbchen und Zapfen sich zu dem Sehnerven elektronegativ verhält, und fanden, dass der Übergang vom Dunkeln ins Helle und umgekehrt von überaus lebhaften Stromschwankungen begleitet ist. Lichteinwirkung bedingte gewöhnlich eine negative Schwankung, welcher eine gewisse positive Schwankung vorausging. Bei Übergang aus Hellem ins Dunkle beobachtet man dagegen eine positive Stromschwankung. Den Widerspruch zwischen diesen Befunden und denjenigen der vorerwähnten Beobachter erklären Kühne und Steiner dadurch, dass jene nicht mehr mit normalen, sondern mit langsam absterbenden Individuen arbeiteten.

Später lieferten diese Forscher eine eingehendere Beschreibung der elektromotorischen Erscheinungen der Netzhaut bei Einwirkung von Licht und Dunkelheit. Es ergaben sich hierbei kompliziertere Erscheinungen, als man sich bisher vorgestellt. Bei Lichteinwirkung trat für gewöhnlich eine lebhafte positive Schwankung auf, darauf folgte eine sprungweise negative Schwankung, welche einige Zeit anhält, und bei plötzlicher Entfernung der Lichtquelle erfolgt Rückkehr der positiven Schwankung. Kühne und Steiner konstatierten dabei, dass die Stromrichtung der Netzhaut im Dunkeln keinerlei Einfluss hat auf Charakter, Entwickelung und Stärke der photoelektrischen Erscheinungen

[1]) On the physiological action of light. Transact. of the Royal Society of Edinburgh. Vol. XXVII.

[2]) Über das elektromotorische Verhalten der Netzhaut. Physiol. Untersuchungen. Heidelberg, Bd. III.

Diese Befunde sind späterhin von anderer Seite, insbesondere von Fuchs[1], bestätigt worden. Den zusammengesetzten Charakter der Ströme bei Belichtung der Netzhaut erklärt sich Fuchs in der Weise, dass hier ausser zentripetalen auch Ströme von anderer Richtung, die von den Zentren herkommen, vorhanden sind[2]), eine Voraussetzung, die mit dem anatomischen Nachweise von Fasern verschiedener Richtung im Sehnerv in vollem Einklange steht. Ebenso bleibt die Gefässreaktion, sowie der bei Einwirkung von Licht in der Netzhaut auftretende Chemismus meiner Ansicht nach nicht ohne Einfluss auf die Ströme.

Beachtenswert ist die ungleiche Wirkung verschiedener äusserer Reize auf die Nervenendigungen. Schon Dewart und M'Kendrick fanden, dass Belichtung der Retina mit gelben Strahlen die stärkste Stromschwankung nach sich zieht: auf Gelb folgt der Wirkungsintensität nach Grün, dann Rot, endlich Blau.

Nach Untersuchungen von Chatin an Krustazeen und Mollusken ergibt weisses Licht mit bezug auf Stromänderungen den grössten Effekt, rotes Licht den schwächsten. Der sog. Sehpurpur hat, wie Kühne und Steiner betonen, keinen besonderen Einfluss auf die elektrischen Stromschwankungen im Sehnerven.

Die elektrischen Schwankungen sind also unzweifelhaft eine konstante Begleiterscheinung des Tätigkeitszustandes des Nerven, und zwar sowohl des künstlich gereizten präparierten, wie auch des spezifisch gereizten in situ befindlichen Nerven. Selbst wenn sich jener Zustand des Nerven, von dem Herzen spricht, bestätigen würde (elektronegative Schwankung in dem nicht auf den Muskel wirkenden Nerven), so würde das nur besagen, dass auch in der Periode des Absterbens, wo der Muskel bereits dem Nerven nicht gehorcht, in letzterem bei vorhandener Erregung noch immer einige Zeit eine negative Stromschwankung fortbesteht, die aber trotzdem unter allen Umständen als Ausdruck des Tätigkeitszustandes des Nerven aufzufassen ist.

[1]) Untersuchung der galvanischen Vorgänge in der Netzhaut. Pflüger's Archiv 56, 1899.

[2]) Dem Lichte kommt eine direkte Einwirkung auf den Nerv zu. Nach den Untersuchungen von Sawitzki bedingt der Einfluss direkter Lichtstrahlen auf den Nerv eine Steigerung des ursprünglichen Ruhestromes um 1—2 Teilungen. Ebenso ergibt der Einfluss von Licht auf die Froschhaut entsprechende elektromotorische Veränderungen, wobei Sonnenlicht eine stärkere Wirkung entfaltet, als künstliches Licht.

XXIII.

Die elektrischen Erscheinungen am Zentralnervensystem.

Dass bei peripherischer Reizung auch im Zentralnervensysteme Stromschwankungen auftreten, darauf deuten die Versuche von Dewart und M'Kendrick hin. Sêčenov[1]) hat hierüber bemerkenswerte Versuche am Frosche angestellt. Er brachte ein sorgfältig von den umgebenden Geweben isoliertes und vorne durchschnittenes verlängertes Mark in die feuchte Kammer. Der Ruhestrom wurde nach Du Bois-Reymond kompensiert. Es zeigte sich, dass auch bei Fehlen von Reizen an der Peripherie periodisch unregelmäfsige Stromschwankungen auftreten, was nach Sêčenov seine Erklärung findet in dem Auftreten selbständiger Entladungen in der Medulla oblongata als Folge periodischer Erregungszustände dieses Organes. Das allmähliche Schwächerwerden dieser Entladungen bei queren Durchschneidungen des verlängerten Markes in absteigender Richtung und das Fehlen derselben im Rückenmarke führt S. zu dem Schlusse, das Gebiet der Entladungen entspreche dem oberen Teile der Medulla oblongata. In bemerkenswerter Weise fanden sich jene Schwankungen beim Frosche nur im Frühjahr während der Zeit gesteigerter Lebenstätigkeit und wurden im Herbste beim Herabgange dieser letzteren nicht mehr beobachtet.

Auch starke Schallreize (die drei ersten Oktaven langer Blechinstrumente) lösten eine deutliche Stromschwankung aus, was nach S. mit mechanischen Erschütterungen der Luft im Zusammenhange steht. Bei Stromreizung peripherer Nerven beobachtete S. ebenfalls mit Beständigkeit negative Stromschwankungen in dem verlängerten Marke.

Nach Verigo[2]) sind, wie schon Hermann hervorhob, im unverletzten Hirngewebe Ruheströme nicht vorhanden. Es genügt aber der leiseste Druck auf das Froschhirn, beispielsweise mittelst eines Glasstäbchens, um an der Druckstelle sofort eine elektronegative

[1]) Über die galvanischen Erscheinungen am verlängerten Marke des Frosches. „Vrač" 1882, Nr. 42.

[2]) Die Aktionsströme im Gehirn des Frosches. Vêstnik klin. i sudebnoi psih. nervrologii 1889, VII. Heft 1.

Schwankung auszulösen. Den gleichen Effekt hat Elektrodenapplikation oder auch einfache Erschütterung. V. benutzte daher bei seinen Froschversuchen Reflexe.

Wurden die Elektroden abwechselnd an die Lendenanschwellung und die dünnere Mitte des Rückenmarkes und dann an die Schulteranschwellung und den mittleren Teil desselben appliziert, so traten bei selbständigen Bewegungen der Hinterpfoten, sowie bei Reizung derselben und bei Reizung der Kopfhaut durch Kneifen jedesmal in den Anschwellungen des Rückenmarkes elektronegative Schwankungen auf, woraus V. den Schluss ableitet, dass die Anschwellungen besondere Rückenmarkzentra vorstellen.

Applizierte man die Elektroden gleichzeitig an beide Intumeszenzen, so wurde bei Hervorrufung von Reflexen an verschiedenen Fröschen bald diese, bald jene Anschwellung zur anderen elektronegativ, oder es trat bei einem und demselben Frosche eine elektronegative Schwankung bald in der einen, bald in der anderen Rückenmarksanschwellung auf. In einer anderen Mitteilung[1]) äussert sich Verigo entschieden in dem Sinne, dass die elektronegative Schwankung im Zentralnervensysteme stets im Zusammenhange stehe mit dem Gebiete der Erregung, was eine Anwendung dieser Methode zum Studium der Lokalisationsverhältnisse im Gehirn ermögliche, ein Umstand, den auch Tarchanov hervorhebt.

Interessant sind ferner die Ermittelungen von Gotch und Horsley[2]) auf Grund von Versuchen an Katzen, Kaninchen und Affen, wobei unpolarisierbare Tonelektroden und der Kapillarelektrometer von Lippmann zur Anwendung gelangten. Es ergab sich, dass jede Reizung eines Nerven begleitet wird von dem anfänglichen Ruhestrome entgegengesetzten Stromschwankungen im Rückenmarke.

Die Ermittelungen von Baeck[3]) (aus Zybulski's Laboratorium) an Fröschen bestätigen die Befunde Verigo's und anderer betreffs des Auftretens von Aktionsströmen im Rückenmarke bei reflektorischer Reizung.

Mislavski[4]) zeigte nach der Methode von Gotch und Horsley (Stromableitung vom Querschnitte und von der Längsoberfläche des Rückenmarkes) sukzessive die vorderen Wurzeln und den N. ischiadicus

[1]) Vortrag, gehalten auf der Versammlung russischer Ärzte zur Erinnerung an Pirogov. 1888.

[2]) Proceedings of the Royal Society 1888, 1890. Zentralbl. f. Physiol. 1889. The Journal of Physiology 1890.

[3]) Die Bestimmung der Lokalisation der Gehirn- und Rückenmarksfunktionen vermittelst der elektrischen Erscheinungen. Zentralbl. f. Physiol. 1894, Nr. 16.

[4]) Über negative Stromschwankung im Rückenmarke. Vrač 1894, S. 159 und Nervrolog. Westn. 1894.

bei Integrität und nach Durchschneidung der hinteren Rückenmarkwurzeln. Bei Reizung der vorderen Wurzeln, sowie bei Reizung des N. ischiadicus nach Durchtrennung der hinteren Wurzeln wurden Aktionsströme im Rückenmarke nicht beobachtet. Hingegen ergab Reizung des N. ischiadicus bei unversehrten Hinterwurzeln jedesmal negative Schwankungen im Rückenmarke. Ebenso traten bei Reizung der Haut durch Kneifen, Wärme oder Kälte jedesmal negative Schwankungen im Rückenmarke auf, während Erwärmung oder Abkühlung des N. ischiadicus ohne Erfolg blieb.

Von besonderer Bedeutung ist selbstverständlich das Verhalten der Aktionsströme in der Gehirnrinde bei peripherischen Reizungen.

Die ersten hierauf bezüglichen Angaben rühren noch von Du Bois-Reymond her, während eingehendere Untersuchungen über diesen Gegenstand zuerst von R. Caton[1]) im Jahre 1875 mitgeteilt worden sind.

Caton experimentierte an Kaninchen und Affen. Er brachte die Elektroden an die Oberfläche beider Hemisphären oder aber die eine Elektrode an die Hirnrinde, die zweite an die Schädeloberfläche. Gleich Du Bois-Reymond kommt Caton zu dem Schluss, dass die Oberfläche der Gehirnrinde sich elektropositiv zu jedem Querschnitt verhält. Der tätige Zustand der Hirnrinde äussere sich durch elektronegative Schwankung.

Dem fügt Caton[2]) die Bemerkung hinzu, dass der Zeitpunkt des Erwachens vom Schlafe, sowie der Eintritt des Todes gewöhnlich von einer Steigerung der Rindenströme begleitet wird, während diese Ströme nach dem Eintritte des Todes schwächer werden und verschwinden. Ebenso wird der tätige Zustand der verschiedenen Körperorgane von einer negativen Schwankung in den Rindenzentren begleitet. Eine solche Schwankung beobachtete Caton in den entsprechenden motorischen Zentren der Rinde bei Drehungen des Kopfes und beim Kauen, sowie im Sehzentrum auf der dorsolateralen Fläche der entgegengesetzten Hemisphäre bei Belichtung der Netzhaut eines Auges. Andererseits werden Hautreize (Kneifen der Lippen und Wangen) grösstenteils begleitet von Abschwächung des Stromes im kortikalen Kauzentrum. Reizung anderer Körpergegenden hatte keinen Einfluss auf die Ströme in der Hinrinde.

Auf Grundlage dieser seiner Versuche kommt Caton nun zu dem Schluss, dass aus dem Verhalten der negativen Schwankungen in der Gehirnrinde Rückschlüsse auf die Lokalisation der Gehirnfunktionen gewonnen werden können.

[1]) Caton, The electric currents of the brain. Brit. med. Journ. 1875, II.

[2]) Caton, Interim report of the electric currents of the brain, 1876. S. auch den betr. Vortrag des Verf. auf dem internat. mediz. Kongresse in Washington.

Danilewski[1]), der diese Frage seit dem Jahre 1876 bearbeitete, machte ohne Kenntnis der Ermittelungen Caton's einige Versuche an kuraresierten Hunden, wobei er eruierte, dass Reizung sensibler Hautnerven Stromschwankungen in den vorderen Teilen der Rinde hervorruft: bei Schallreizungen dagegen traten negative Stromschwankungen in den mehr nach hinten gelegenen Abschnitten der Hirnrinde auf.

Legt man, wie Fleischl[2]) in seinen (1883 begonnenen) Versuchen eruierte, die Elektroden an symmetrische Punkte der Gehirnrinde, so erhält man nur äusserst minime Ströme. Dagegen traten sofort Aktionsströme in entsprechenden Teilen der Rinde auf, sobald eines der Sinneswerkzeuge gereizt wurde. So z. B. entwickelten sich bei Belichtung der Retina Aktionsströme in den occipitalen Sehzentren, wobei diese Ströme eine verschiedene Richtung aufweisen, je nachdem ob das rechte oder linke Auge gereizt wurde. Geruchs- und Hautreizung ergab keinen Effekt. Ebensowenig traten bei Chloroformnarkose Aktionsströme auf.

Von Bedeutung erscheint ferner eine Angabe Fleischl's, dass Aktionsströme nicht bloss vom Gehirne, sondern auch von der harten Hirnhaut, vom Schädel und selbst von der Kopfhaut aus erzielt werden können, was Fleischl zu der Meinung führt, dass es möglich sei, durch Stromableitung von der Kopfhaut die psychische Tätigkeit eines Menschen zu untersuchen.

Verigo berichtet in seiner schon früher zitierten Arbeit über Ergebnisse seiner Untersuchungen an der Froschrinde, wobei die Elektroden an den vorderen und hinteren Teil der Hirnhemisphären appliziert wurden. Das Resultat der meisten Versuche war ein unbestimmtes, in zwei Versuchen jedoch konnte Verigo bei Reizung der Hinterextremitäten des Tieres eine elektronegative Schwankung im vorderen Teile der Gehirnrinde nachweisen.

Um die Ströme im Nervengewebe und speziell auch in der Gehirnrinde zur Darstellung zu bringen, benutzte Wwedenski[3]) die schon früher von Hermann und Brücke aufgefundene Telephonmethode. Bei Einschaltung von Nervenstämmen, sowie der Rinde des Gehirns in die Kette konnten mit dem Telephon Geräusche, die von im Gewebe auftretenden Strömen herrührten, gehört werden. Eingehendere Beobachtungen über die Gehirnrinde sind aber mittels dieser Methode nicht gewonnen worden.

[1]) Zur Frage über die elektromotorischen Vorgänge im Gehirn etc. Zentralbl. f. Physiol. 1891, Bd. V Nr. 1.

[2]) Fleischl v. Marxow, Mitteilungen betreffend die Physiologie der Hirnrinde, 1890 Nr. 18.

[3]) Telephonische Untersuchung der elektrischen Erscheinungen in den Muskel- und Nervenapparaten. 1884.

Gotch und Horsley schildern (an einem schon früher angeführten Orte) ihre Untersuchungen an der Rinde des Gehirns, welche ergaben, dass bei faradischer Reizung des Rindenzentrums der unteren Extremität, sowie bei elektrischer Erregung der Gehirnrinde Aktionsströme im Rückenmarke auftreten, während es nicht gelingt, solche im Nervus ischiadicus nachzuweisen. Wurden ferner symmetrische Teile der Gehirnrinde durch Elektroden verbunden, so fehlten Ruheströme fast vollständig; sowie aber peripherische Gebiete gereizt wurden, trat sofort eine Störung des Gleichgewichtes zwischen beiden Hemisphären unter Entwickelung elektromotorischer Erscheinungen ein.

Tarchanov[1]) beschreibt den Einfluss gewisser zentral-nervöser und psychischer Prozesse beim Menschen auf die Hautströme, die er als durch Tätigkeit der Schweissdrüsen bedingt erklärt. Er fand, dass man nur die längere Zeit geschlossenen Augen zu öffnen braucht, um Veränderungen der Hautströme hervorzurufen; die verschiedenen Farben bedingen dabei eine ungleiche Wirkung. Jede psychische Tätigkeit, wie z. B. die einfache Vorstellung von Wärme oder Kälte, jede geistige Tätigkeit, selbst eine Erwartung ruft mehr oder weniger deutliche Stromschwankungen hervor. Bei wiederholter Reizung wird die Wirkung allmählich schwächer.

Nach Ansicht von T. vollzieht sich die Übertragung zentral-nervöser und psychischer Prozesse durch Beeinflussung des Schweisszentrums. Eine derartige Erklärung erscheint jedoch nicht hinreichend begründet. Viel eher liesse sich zur Erklärung jener Erscheinungen der allgemeine Satz geltend machen, dass mit der zentralen Reizung eine Störung des allgemeinen dynamischen Gleichgewichtes im Organismus nebenhergeht, welche auch die Hautströme nicht unbeeinflusst lässt. Nach Larionov[2]) kann es sich hier sogar um vom Gehirne hergeleitete Ströme handeln.

Direkte Beziehungen zu den Untersuchungen Tarchanov's besitzen diejenigen von Engelmann[3]), welche ergaben, dass bei Belichtung des einen Auges Ströme in der Lidhaut des anderen Auges auftreten.

Diese Tatsache deutet E. in der Weise, dass die im N. opticus erzeugte negative Schwankung, bis zum Chiasma fortschreitend, in zentrifugaler Richtung mit dem Sehnerven der anderen Seite auf das entgegengesetzte Auge übergeht und dann zur Haut des Augenlides

[1]) Tarchanov, Über die galvanischen Erscheinungen in der Haut des Menschen bei Reizung der Sinnesorgane und bei den verschiedenen Formen geistiger Tätigkeit. Vêstn. klin. i sud. psih. 1889, Bd. VII H. 1.

[2]) Die kortikalen Gehörzentra. Arbeit d. Psychiatr. Klinik zu St. Petersburg. 1889.

[3]) Über elektrische Vorgänge im Auge bei reflektorischer und direkter Erregung des Gesichtsnerven. Festschr. f. Helmholtz 1891.

gelangt. E. konnte unter anderem feststellen, dass im Augenblicke der Durchschneidung des korrespondierenden Sehnerven der Strom eine hochgradige Abschwächung erfährt. Da indessen von Tarchanov Veränderungen der Hautströme unter dem Einflusse verschiedener Erregungen des Zentralnervensystemes nachgewiesen sind, so braucht ein Übergang des Stromes durch das Chiasma auf den Sehnerven der anderen Seite, wie dies E. sich denkt, nicht notwendig zur Erklärung der Erscheinung angenommen zu werden, sondern es ist richtiger, jene Vorgänge durch Stromübertragung von den Zentren her zu erklären, wobei es von keinem grossen Belang ist, ob man den Standpunkt Tarchanow's vertritt (Stromentwickelung infolge von Erregung des Schweisszentrums, oder ob man annimmt, dass es sich hier um eine rückläufige, vom Zentrum auf zentrifugalen Bahnen übertragene Nervenerregungswelle handelt.

Eingehende Untersuchungen über die Ströme der Gehirnrinde sind ferner von Baeck[1]) (unter Cybulski) an Fröschen, Kaninchen und Hunden ausgeführt worden. Es ergab sich hierbei zunächst, dass die zentralen Gebiete des Gehirnes sich stets elektronegativ zu den mehr peripher gelegenen Regionen verhalten.

Diese ursprünglichen Tätigkeitsströme, die in der Gehirnrinde auftreten, bleiben nicht ganz konstant, sondern erfahren gewisse periodische Schwankungen infolge von Impulsen, welche von den Nervenzentren ausgehen. Während der Chloroformnarkose, sowie bei Reizung sensibler Bahnen hören diese Schwankungen auf und werden durch eine andauernde (negative) Abweichung des Stromes ersetzt. Bei Reizung bestimmter Hautgebiete beobachtete Baeck Entwickelung negativer Stromschwankungen in entsprechenden Regionen der Gehirnrinde.

Irritation der Netzhaut mit Magnesiumlicht rief bei Hunden und Kaninchen eine ausserordentlich hochgradige elektronegative Schwankung in beiden Occipitallappen, vor allem aber in dem der entgegengesetzten Seite hervor. Schallreizung hatte in den Gehörzentren keinen so hochgradigen und viel weniger konstanten Effekt.

Baeck und Cybulski[2]) beobachteten am Affen in der Mehrzahl der Fälle elektropositive Spannung in den vorderen (frontalen) und elektronegative in den hinteren (occipitalen) Teilen des Gehirns. Ferner erzeugte die Reizung der vorderen Extremitäten Stromschwankungen im mittleren und unteren Teile der hinteren Zentralwindung, die Reizung der hinteren Extremitäten solche in der vorderen Zentralwindung.

Analoge Ergebnisse werden im allgemeinen auch beobachtet bei Entfernung des umgebenden Muskelgewebes, was die Annahme aus-

[1]) Die Bestimmung der Lokalisation der Gehirn- und Rückenmarksfunktionen Zentralbl. f. Physiologie. 1890 Nr. 16.

[2]) Zentralbl. f. Physiologie, Bd. VI.

schliesst, dass die bei derartigen Untersuchungen auftretenden Ströme gemischter Natur seien, da im Galvanometer auch von den Muskeln herkommende Ströme fortgeleitet werden. Wesentlich getrübt wird die Reinheit der Versuche, wie Baeck und Cybulski mit vollem Recht hervorheben, durch den Umstand, dass die unvermeidliche Blosslegung des Gehirnes einen anormalen Zustand desselben involviert.

Da nun Stromschwankungen in der Gehirnrinde als Ausdruck eines Erregungszustandes im Gehirn von besonderer Bedeutung sind und da in dieser Frage die Ergebnisse der verschiedenen Forscher noch weitaus zu keinem Abschlusse gelangt sind, so haben die Herren Dr. Larionov und Trivus auf meinen Vorschlag systematische Untersuchungen nach dieser Richtung hin in meinem Laboratorium angestellt.

Der erstgenannte [1]) untersuchte beim Hunde die Ströme der Gehirnrinde unter dem Einflusse von Reizung des Gehörorganes mit Stimmgabeln von verschiedener Schwingungsgeschwindigkeit. Behufs Ableitung der Ströme bediente sich L. des Galvanometers von D'Arsonval-Wiedemann, wobei die eine Elektrode auf die Muskelfascie, die zweite an verschiedene Teile des Tonzentrums appliziert wird, welches nach Untersuchungen L.'s beim Hunde in dem hinteren-unteren Teile der zweiten und dritten Temporalwindung und im hinteren Teile der vierten Temporalwindung seine Lage hat und gewissermafsen eine besondere Tonskala darstellt [2]). Zur Untersuchung dienten die Stimmgabeln A, a' und c^3, die nacheinander dem Ohre des Versuchstieres genähert wurden. Die Gabel A ergab nun eine negative Schwankung im Gebiete der zweiten Schläfenwindung, a' und c^3 hingegen bedingten in diesem Rindengebiete eine Steigerung des Ruhestromes. Reizung mit a' erzeugte gewöhnlich eine negative Schwankung in dem temporalen Teile der dritten Windung, während von A und c^3 die Ruheströme in dieser Gegend eine Steigerung erfuhren. Bei Reizung mit c^3 endlich entstand eine negative Schwankung im hinteren Teile der vierten Windung, während die Gabeln a' und A nur eine Steigerung des Ruhestromes in diesem Gebiete hervorriefen. In den übrigen Teilen der Hemisphären wurden negative Stromschwankungen bei Stimmgabelreizung gewöhnlich nicht beobachtet.

Diese Befunde stimmen vollkommen damit überein, was wir über den Erfolg von experimentellen Beschädigungen der Gehörsphäre wissen, denn es findet sich im temporalen Teile der zweiten Windung das Tonzentrum für ganz niedrige Töne (Stimmgabel A), in dem temporalen

[1]) Larionov, Galvanometrische Bestimmungen der Ströme der Grosshirnrinde im Gebiete der Tonzentra bei Reizung der peripherischen Gehörorgane. Nervrolog. vêstn. 1889. Bd. VII H. 3.

[2]) Vgl. Larionov, Über die kortikalen Gehörzentra. Arbeiten der Klinik für Nerven- und Geisteskranke. St. Petersburg 1899.

Teile der dritten Windung das Zentrum für den Ton a' und im hinteren Teil der vierten Windung das Zentrum für den Ton c^3.

Demnach eruieren diese Untersuchungen zum ersten Male die Tatsache einer vollen Übereinstimmung zwischen räumlicher Anordnung der einzelnen Teile des kortikalen Gehörzentrums und dem Auftreten negativer Stromschwankungen in der Rinde im Gefolge verschiedener Tonreize, und erbringen hierdurch zugleich den Nachweis, dass die Methode der Beobachtung der negativen Stromschwankung bei entsprechenden sensorischen Reizungen für Untersuchungen über die räumliche Anordnung der Rindenzentra in Betracht kommt.

Im übrigen wurde festgestellt, dass bei Reizung des Geruchsorganes mit Riechstoffen eine negative Schwankung am Vorderende des temporalen Abschnittes der vierten Windung, also in dem Nachbargebiet des kortikalen Riechzentrums, auftrat.

Die Versuche von Dr. Trivus[1]) sind in meinem Laboratorium an Hunden mit dem Galvanometer von D'Arsonval ausgeführt worden und zwar konnten 26 solche Versuche, wovon die Mehrzahl ohne Narkose, den Ergebnissen zugrunde gelegt werden. Stromkompensation wurde hier, wie auch in den vorigen Versuchen, nicht angewendet, da diese, wie Waller mit Recht bemerkt[2]), nicht nur überflüssig, sondern auch störend ist. Benutzt wurden natürlich nur unpolarisierbare Ton- oder Pinselelektroden mit frisch amalgamierten Zinkstücken. Vor jedem einzelnen Versuche wurden die mit dem Galvanometer zusammenhängenden Elektroden verbunden, wobei als Ausdruck unvermeidlicher Polarisation ein Strom auftrat, der eine Abweichung des Spiegels um 5—10 Teilungen bedingte. Diese Abweichungsgrösse wurde als Korrektur dem während des Versuches erhaltenen Rindenstrome hinzugefügt. Was die Anordnung der Elektroden betrifft, so wurde eine derselben auf den zu untersuchenden Teil der Rinde, die zweite in einzelnen Versuchen bald auf die Muskelfascie, bald auf symmetrische und unsymmetrische Teile der Hirnrinde, bald auf die Hornhaut appliziert, da jede dieser Anordnungen ihre Vorzüge und Mängel hat. Natürlich wurden die Ergebnisse bei einer und derselben Kombination und diejenigen bei verschiedenen Kombinationen der Elektroden gegen einander abgewogen.

Wie sich nun herausstellte, zeigt die absolute Stromstärke des Zentralnervensystemes erhebliche Schwankungen; sie übertrifft in einzelnen Versuchen das Mittel (= 0,02 Dan. nach Du Bois-Reymond, Gotch und Horsley) um das zehnfache, während sie in anderen gleich Null wird. Auf die Stromstärke und auf die Richtung des anfänglichen Rindenstromes sind verschiedene Momente von Einfluss. So z. B. wächst

[1]) Die negativen Stromschwankungen in der Hemisphärenrinde des Gehirnes. Dissert. St. Petersburg 1900.

[2]) Waller, Tierische Elektrizität. 1899.

der Ruhestrom gegen das Ende des Versuches, sowie bei allgemeiner Narkose, wie bereits Caton hervorhebt.

Steigerung des Anfangsstromes wurde ferner bei Einführung physiologischer Kochsalzlösung in den Organismus beobachtet. In Übereinstimmung mit Baeck konnte auch hier bemerkt werden, dass der Charakter des Rindenstromes im wesentlichen von dem Zustande der Rinde selbst abhängt und nur in geringem Grade von Atmung und Blutzirkulation beeinflusst wird. Es stellte sich heraus, dass die ursprüngliche Stromrichtung aus nicht immer ersichtlichen Gründen bald eine corticopetale, bald eine corticofugale war. Dieses unbeständige Verhalten der Ruheströme schien darauf zu beruhen, dass das in funktioneller Beziehung so hoch komplizierte Nervengewebe eigentlich beständig im Zustande der Tätigkeit sich befindet und dass deshalb die Ruheströme der Rinde, wie auch Baeck richtig bemerkt, in Wirklichkeit Aktionsströme vorstellen. Sie dürfen deshalb auch mit den Ruheströmen im Nerv und Muskel, zumal wenn letztere aus dem Körper isoliert sind, nicht verglichen werden.

Demungeachtet übt weder die Stärke, noch die Richtung der sog. Ruheströme in der Gehirnrinde einen wesentlichen Einfluss auf die Aktionsströme, die gewöhnlich bei irgendwelchen peripherischen Reizungen sehr lebhaft hervortreten.

Während die Ruheströme im Bereiche ausgedehnter Strecken grösstenteils den gleichen Charakter bewahrten und manchmal selbst die ganze Gehirnoberfläche überall den gleichen Ruhestrom darbot, wiesen die Aktionsströme immer einen lokalen Charakter auf.

Belichtung der Augen (mit Hilfe einer Kerze, Lampe, elektrischen oder Sonnenlichtes) nach vorhergehender Verdunkelung löste stets grössere oder geringere Tätigkeitsströme in der Occipitalrinde aus. Bisweilen traten unter dem Einfluss von Belichtung Aktionsströme auch in anderen Gehirnabschnitten auf, was durch assoziative Tätigkeit der Gehirnrinde bedingt sein konnte. Belichtung einzelner Abschnitte der Retina ergab keine besonderen Unterschiede in bezug auf die elektromotorischen Erscheinungen in den verschiedenen Teilen des Hinterhautlappens.

Die Belichtung eines Auges für sich hatte in beiden Hemisphären fast die gleiche Wirkung, was in der unvollständigen Kreuzung der Optikusfasern beim Hunde eine Erklärung findet; dagegen hatte Belichtung beider Augen stets einen grösseren Effekt als Belichtung nur eines einzigen Auges. Steigerung der Belichtung steht im allgemeinen in keiner bestimmten Beziehung zu der Grösse der Aktionsströme in der Gehirnrinde. Zu bemerken wäre hier, dass bei Belichtung der Netzhaut Aktionsströme auch von der harten Gehirnhaut aus über den Hinterhauptwindungen erhalten wurden, wie dies schon Fleischl beobachtete. Farbige Belichtung hatte im allgemeinen eine schwächere

Wirkung als gewöhnliches gelblich-weisses Licht. Der Unterschied in der Wirkung der einzelnen Farben erwies sich als unbeträchtlich.

Bei Belichtung während 20—30″ hält der elektromotorische Effekt im Durchschnitt zirka 2 Minuten an, also sehr viel länger als die Dauer der Reizung. Ganz analoge Resultate ergaben Schallreizungen in bezug auf die Gehörsphäre. Geschmacksreize bedingten relativ schwache und unbestimmte Aktionsströme auf der äusseren Oberfläche der Gehirnrinde, sodass mit Hilfe der elektrischen Schwankung die Gegend des Geschmackzentrums nicht genauer eruiert werden konnte, wohl weil Geschmacksempfindungen sofort Zungen- und Kieferbewegungen hervorrufen, die schliesslich den elektromotorischen Effekt trüben.

Von Geruchsreizen hatte nur Ammoniakgeist eine stärkere Wirkung, die jedoch keinen lokalen Charakter darbot, was durch allgemeine Veränderung des Blutumlaufes im Gehirn erklärt werden kann.

Somit ergaben diese Versuche meines Laboratoriums genauere Befunde insbesondere in bezug auf die optischen Zentra der Gehirnrinde, wie die vorerwähnten Versuche Larionov's in bezug auf die Gehörzentra des Schläfenlappens schöne Resultate zutage gefördert haben[1]).

Aus den angeführten Tatsachen geht als zweifellos hervor, dass das ganze Nervensystem eine ausgedehnte Sammel- und Ablagerungsstätte elektrischer Energie darstellt, in welcher selbständige periodische Stromschwankungen vor sich gehen. Alles was vorliegt spricht aber auch mit Entschiedenheit dafür, Sammelstätte elektrischer Energie sei vorwiegend, wenn nicht ausschliesslich die graue Substanz mit ihren Nervenzellen oder, genau genommen, die Nervenzellen selbst. Dementsprechend ist die Tätigkeit der Nervenzentra unbedingt von zusammengesetzten elektromotorischen Vorgängen begleitet, die wir allgemein als Aktionsströme bezeichnen und die am öftesten als elektronegative, in selteneren Fällen als elektropositive Schwankung sich darstellen.

[1]) Wegen der vorhin erwähnten Angaben Tschirjev's über die artifizielle Natur der Ströme im Zentralnervensystem wurden in meinem Laboratorium (Dr. Kaufman) neuerdings Spezialversuche an der Gehirnrinde bezw. an dem cortikalen Sehzentrum angestellt. Es konnte bestätigt werden, dass gleichzeitig mit dem spezifischen Lichtreiz in der Rinde des Occipitallappens Schwankungen des sog. Ruhestromes erfolgen und zwar in negativer und positiver Richtung. Die hinteren Teile der Rinde erwiesen sich in der Mehrzahl der Fälle elektronegativ bezüglich der vorderen motorischen Gebiete. Ausnahmen von dieser Regel sind im ganzen selten. Beachtenswert sind die hin und wieder auftretenden spontanen Stromschwankungen in der Rinde, die offenbar auf inneren Reizen beruhen. Gegen die Annahme einer artifiziellen Entstehung der fraglichen Erscheinungen spricht ausserdem der Umstand, dass in einzelnen Fällen die von Knochen überdeckten Rindenteile sich elektronegativ zu den entblössten Rindenflächen verhalten. Aus der Elektrophysiologie ist aber bekannt, dass jede verletzte Stelle sich elektronegativ zu den unbeschädigten verhält. Endlich spricht gegen obige Auffassung das vorübergehende vollständige Verschwinden des Stromes im komatösen Zustand bei Einspritzung von Absynth und bei Reizung des Nervus ischiadicus.

XXIV.

Die physikalischen Grundlagen der nervösen Leitung.

Auf diese Untersuchungen wurde hier deshalb näher eingegangen, weil sie in nächster Beziehung zu der sog. elektrischen Theorie des Nervenprozesses oder des sog. Nervenstromes stehen.

Man hat schon lange vermutet, dass die Elektrizität bei der Fortleitung der Erregungen auf der Bahn der Nerven von Bedeutung sein müsse. Johannes Müller identifizierte nach dem Vorgange Galvani's den Nervenprozess mit elektrischer Energie, ja er kam auf diesem Wege zu der Ansicht, es sei unmöglich, die Schnelligkeit des Nervenstromes zu berechnen, was, wie man weiss, als Irrtum erkannt worden ist. Auf der anderen Seite bemerkt Du Bois-Reymond[1]) mit ebensoviel Vorsicht als Bestimmtheit, es sei ihm, wenn er nicht in allem fehlgehe, gelungen, den alten Traum der Physiker und Physiologen über die Identität des Nervenstromes und der Elektrizität, wenn auch in etwas veränderter Gestalt, zu verwirklichen durch den Nachweis elektrischer Ströme in allen Teilen des Nervensystemes verschiedener Tiere.

Als wesentlicher Einwand gegen diesen Satz erscheint der Umstand, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung längs den sensiblen Nerven des Menschen, wie die Untersuchungen von Helmholtz gezeigt haben, etwa 61,5 Meter in der Sekunde nicht überschreitet und sonach mit der Geschwindigkeit des elektrischen Stromes nicht verglichen werden kann. Diesem Widerspruche zum Trotz verfechten manche Autoren dennoch die elektrische Theorie der Nervenleitung und benutzen dieselbe zur Erklärung von Erscheinungen, die im Nervensystem vor sich gehen oder von letzterem in anderen Organen hervorgerufen werden.

So ist eine Beteiligung elektrischer Energie schon lange bei dem Vorgange der Muskelerregung vermutet worden. Schon Du Bois-Reymond wies darauf hin, dass von allen bekannten Prozessen, die eine Erregung des Muskels herbeizuführen geeignet sind, nur zwei an-

[1]) Du Bois-Reymond, Vorrede zur tierischen Blaktrizität. 1848, S. XV.

genommen werden können: entweder irgend eine Reizausscheidung an der Grenze zwischen Nervenendigung und kontraktiler Muskelsubstanz oder elektrische Reizung kann den Muskel in den Zustand der Erregung versetzen [1]). Diese letztere Hypothese fand volle Bestätigung in den früheren Untersuchungen von Tschirjev [2]), wonach als Erreger des Muskels der Aktionsstrom anzusehen ist, welcher in dem Nerv während der Periode seiner Erregung auftritt.

Neue Schwierigkeiten erwuchsen der Lehre von der Fortpflanzung der Erregungen längs den Nervenbahnen seit dem Auftauchen der Theorie der Neurone, jener mehr oder weniger selbständigen Nerveneinheiten, die miteinander vermittelst einfachen Kontaktes oder auch nur durch Annäherung der Endverästelungen des Achsenzylinders eines Neurons an die Zelldendriten eines zweiten in Beziehung treten.

Alle neuen Theorien, welche die elektrische Energie mit der Nervenleitung in Verbindung bringen, haben mit den genannten anatomischen Verhältnissen zu rechnen.

Beachtenswert sind in dieser Beziehung die Darlegungen von Schaffer [3]), welcher den Nervenstrom als etwas Spezifisches ansieht und der elektrischen Energie nur die Rolle einer Vermittlerin bei der Übertragung der Nervenenergie von einem Neuron auf das andere zuerkennt. Infolge der während der Nervenerregung entstehenden Veränderungen der elektrischen Spannung entwickelt sich gewissermaßen eine konsekutive Induktion der einzelnen Neurone, sodass die in einem Neuron entstandene Nervenwelle durch Vermittelung von Elektrizität die Widerstände beim Übergang von einem Element auf das andere überwindet und nun in dem zweiten Neuron mit einem anderen Rhythmus auftritt. Mislavski [4]) überträgt die Hypothese von Tschirjev voll und ganz auf die wechselseitigen Beziehungen zwischen den Neuronen, und zwar begründet er dies durch seine Versuche über die Fortpflanzung der negativen Schwankung längs den Nerven und durch den Satz, dass die Erregung von einem Nervenelement auf ein anderes nur durch Vermittelung der Endapparate des Achsenzylinders und seiner Kollateralen übertragen wird. Da die Endapparate der motorischen Nerven den Endbäumen der zentralen Neurone und ihrer Kollateralen entsprechen, so muss nach Ansicht von Mislavski die Art der Wechselwirkung zwischen den Neuronen die nämliche sein, wie die Wirkung des peripheren motorischen Neurons auf den Muskel, d. h. eine elektrische. Indem diese Hypothese die Anschauungen Tschirjev's aufnimmt und dieselben auf die zen-

---

[1]) Gesammelte Abhandlungen, Bd. II.
[2]) Gesammelte Abhandlungen, Bd. II.
[3]) The nerve cell etc. Brain Vol. XVI.
[4]) Über die physiologische Rolle der Dendriten. Nevrol. vêstnik 1895. H. 4.

tralen Neurone überträgt, präjudiziert sie nichts in betreff der Natur der elektrischen Wechselwirkung zwischen nachbarlichen Neuronen und beschränkt den Einfluss eines Neurons auf das zweite auf die Endverästelungen der Achsenzylinder, wozu, wie mir scheint, kein hinreichender Grund vorliegt, da man mit Recht annehmen darf, dass auch die Dendriten zur Fortleitung von Nervenerregungen befähigt sind.

Unabhängig von diesen Beobachtern entwickelte sich meine Theorie [1]) der Wechselwirkung der Neurone durch Energieentladungen, beruhend auf Spannungsdifferenzen der Energie in benachbarten Neuronen infolge von negativen Stromschwankungen, die unter dem Einflusse von Erregungszuständen eines der Neurone zustande kommen. Man hat sich, wie ich näher ausführte, den Nervenstrom gewissermafsen als eine Reihe aufeinander folgender Nervenerregungen zu denken, die in den aufeinander folgenden Gliedern einer gegebenen Nervenbahn sich entwickeln. Je nach der Zahl der Neurone und je nach dem bei den Entladungen zu überwindenden Abstande zwischen den Endverästelungen eines Neurons und dem Anfang des folgenden Neurons weisen auch die Leitungswiderstände Schwankungen auf.

Die Erregung, die in jedem einzelnen Element auftritt, erscheint zwar selbständig, steht aber naturlich in einem direkten kausalen Zusammenhange mit dem Erregungszustande des voraufgehenden Nervenelementes. Sonst könnten wir uns die in einer gegebenen Leitungsbahn verlaufende Erregung nicht als einheitlich denken.

Die eigentliche Ursache des Nervenstromes ist also meiner Ansicht nach in einer Störung des Gleichgewichts der Energiespannung in den aufeinanderfolgenden Neuronen zu suchen [2]). Ich will indessen auf diese Theorie noch nicht näher eingehen, sondern an einer späteren Stelle ausführlich darauf zurückkommen.

Zwei Jahre nach Veröffentlichung meiner vorhin zitierten Untersuchungen bemühte sich Ameline [3]) um den Nachweis, dass die Neurone ein elektrokapillares energieverwandelndes System darstellen und dass die psychischen Erscheinungen den allgemeinen Gesetzen der Physik sich unterordnen.

---

[1]) W. v. Bechterew, Obosrênije psihiatrii 1896. Neurologisches Zentralblatt 1896.

[2]) Im Hinblick auf diese meine Hypothese bemerkt R. Sleeswigk (Der Kampf des tierischen Organismus mit der pflanzlichen Zelle 1902, S. 101), der elektrische Strom verlaufe von einem Neuron zum anderen, vom Neuron zur Gewebszelle, von einer Gewebszelle zur zweiten, wobei es sich um eine grosse Anzahl einzelner gleichmäfsiger Gleichgewichtsstörungen verschiedener Perioden, wie bei den Schwankungen des Lichtstrahles, handeln müsse.

[3]) Ameline, Energie, autropie, pensée. Thèse. Paris 1898. Zitiert nach Sollier, L'energie nerveuse et l'energie électrique. Arch. d. neurol. 1900.

Später entwickelte Sollier[1]) seine Theorie des Gedächtnismechanismus, welche durch Analogien zwischen psychischen und elektrischen Erscheinungen zu begründen versucht wird.

Mit Hilfe einer Analyse der verschiedenen Phasen des Gedächtnisaktes bemüht sich S. darzutun, dass jeder Teil dieses Vorganges mit einem gewöhnlichen elektrischen Apparat reproduzierbar sei. Ohne Nerven- und elektrische Energie völlig zu identifizieren, vertritt er den Standpunkt, dass die Nervenenergie tatsächlich eine besondere Energieform sei, die sich in nichts von physikalischer Energie unterscheide und sehr wohl mit Elektrizität sich vergleichen lasse. Überhaupt besteht nach S. eine Analogie zwischen nervös-psychischen und elektrischen Erscheinungen in dem Sinne, dass nirgends ein psychischer oder nervöser Vorgang zu finden sei, der nicht mittels elektrischer Apparate reproduzierbar wäre. Kurz, S. versucht die Identität nervös-psychischer Erscheinungen mit physikalischen nachzuweisen und erstere letzteren beizuordnen.

Die elektrische Theorie der Nervenerregung wendet Binet-Sanglé[2]) auch auf die Pathologie des Nervensystemes an und zwar unter Aufstellung einer besonderen sog. neuro-dielektrischen Theorie. Danach reicht die Theorie der einfachen Nervenerregung nicht aus, um für die Erscheinungen des Zitterns, der Myoklonie, der epileptischen und hysterischen Anfälle eine Erklärung zu liefern. Unerklärt z. B. bleibt von dem bisher üblichen Standpunkte aus 1) die Abnahme oder das vorübergehende Aufhören des Zitterns bei Alkoholikern infolge von Resorption des Alkohols, 2) das Auftreten von halbseitigem Zittern oder Hemichorea nach Hemiplegien, wenn letztere in Besserung übergehen, 3) die häufige Koincidenz pathologischer Zuckungen (secusses) und Paresen in einem und demselben Muskelterritorium, 4) das Intermittieren von athetotischen Kontraktionen, Choreazuckungen und Tic, 5) das plötzliche Auftreten epileptischer und hysterischer Anfälle.

B.-S. führt seine Theorie auf Ideen Schröder van der Kolk's und Hughlings Jacksons zurück, weicht aber von ihnen insofern ab, als er die Nervenzelle nicht einem Kondensator in Gestalt einer Leyden'schen Flasche analogisiert, sondern einem Planté'schen Akkumulator vergleicht, welcher eine Kondensation im eigentlichen Sinne dieses Wortes nicht erzeugt, so lange nicht bestimmte Nervenaffektionen auftreten, die B.-S. pathologische Neurodielectriques nennt. Er dehnt diese Analogisierung mit einem elektrischen Elemente auf alle Nervenzellen aus und beschränkt den Begriff der elektrischen Entladung nicht auf den epileptischen Anfall allein, sondern dehnt ihn auf alle Nerven-

[1]) a. a. O.

[2]) Binet-Sanglé, Theorie des neuro-diélectriques. Arch. de Neurol. 1900, Vol. X.

zustände überhaupt aus. Nach seiner Ansicht ist man durch die Arbeiten von D'Arsonval, die Untersuchungen von Beaunis über die Schnelligkeit der Elektrizitätsbewegung in tierischen Leitern, die Arbeiten Bernstein's über negative Schwankungen im Nerven und die neuerlichen Untersuchungen von Charpentier über die Wellenlänge der Nervenschwingungen berechtigt, diese Schwingungen mit Du Bois-Reymond als elektrischer Natur anzusehen.

Aus den Versuchen von Becquerel und D'Arsonval einerseits und aus den Untersuchungen von Kühne über die Zellenreaktion andererseits ergibt sich, dass jede Zelle ein elektrisches bezw. elektrokapillares Element darstellt. Die Neurone erscheinen als miteinander verbundene reihenweise angeordnete Elemente. Ihre Tätigkeit lässt nach oder hört auf, wenn sie verunreinigt sind, und beginnt von neuem, wenn sie von zirkulierenden Flüssigkeiten umspült werden.

Nach der, übrigens ziemlich allgemein verbreiteten Ansicht B.-S.'s erhält das Nervensystem Eindrücke durch Vermittelung mechanischer, physikalischer und chemischer Bewegungen, während auf der anderen Seite die Nervenmaschine nach dem Gesetze der Erhaltung der Energie und der Kräfteverwandlung Muskelkontraktionen und chemische und physikalische Bewegungen zweiter Ordnung (tierische Wärme, organische Elektrizität, Tropismus) herbeiführt. Aus dem Umstande, dass die Tätigkeit des Nervensystemes zeitweilig herabgesetzt, wie im Schlafe, zeitweilig anormal, wie bei grossen Anstrengungen, erscheint, erschliesst B.-S. das Vorhandensein gewisser Hemmungen im Nervensysteme, die er als Neuro-Dielectriques bezeichnet. Unter diesen Begriff subsumiert er überhaupt alle zwischen zwei gut leitenden Körpern eingeschlossenen schlechten Leiter. Die normalen Neurodielectriques werden wahrscheinlich gebildet durch Kontraktion der Neurone, deren Plastizität bewiesen ist. Es ist möglich, dass sie zwischen den momentan getrennten Fortsätzen zweier sich berührender Neurone sich bilden, vielleicht aber auch innerhalb eines Neurons selbst infolge örtlicher Veränderungen seiner Festigkeit im Augenblicke der Kontraktion.

Auf Bildung pathologischer Neurodielectriques beruhen nach B.-S. die athetotischen Kontraktionen, Verdrehungen, Zittern, Chorea, Tic, epileptische und hysterische Entladungen, sowie endlich Paralysen. Die pathologischen Neurodielectriques bilden sich in dem Nervensysteme 1) durch Einwirkung organisierter oder nicht organisierter Gifte auf eine Nervenleitung (Tremor alcoholicus, Chorea, Rheumatismus etc.), oder 2) durch molekulare Verlagerung infolge von Erschütterungen (Tremor de Zielgen, traumatische Hysterie etc.), oder 3) durch molekulare Verlagerung infolge von Kompression oder Zerrung (Hemichorea infolge cerebraler Hämorrhagien, Epilepsie, Gehirntumoren etc.), oder durch Zerreissung von Nervenfasern (verschiedene traumatische Lähmungen).

Von dem Augenblicke, wo die Nervenbahn an irgend einem Punkte ihres Verlaufes physikalische, chemische oder histologische Veränderungen erlitten hat, besteht ein Neurodielectrique an diesem Punkte.

Wir kennen nur die gröberen Neurodielectriques, welche sich darstellen als Nervenaffektionen, die den pathologischen Kontrakturen und Lähmungen entsprechen. Hierher gehören: 1) das glänzende Aussehen des Neuronkörpers, 2) die einfache Atrophie, 3) die Ectopie des Kernkörperchens, 4) die Ectopie des Kerns, 5) die verschiedenen Deformationen, Rosenkranzform, 6) Neubildungen, 7) Vacuolisierung, 8) abnorme Pigmentierung, amyloide, fettige oder kalkige Entartung, 9) Chromatolyse, 10) Zerfall und Auflösung der achromatischen Substanz, 11) Zerreissung der Dendriten oder Axonen, 12) Fraktur oder Verschwinden der Dendriten, des Axons oder des Neuronkörpers.

Der Widerstand eines Dielectrique hängt von seiner physikalischen, chemischen und histologischen Zusammensetzung, sowie von seiner Dicke ab, die Natur der von ihm bedingten Anfälle hängt von seinem Widerstande und seiner Verteilung ab.

Die Anfälle selbst treten in folgender Weise auf: Seit dem Augenblick der Bildung eines Neurodielectrique in einer Leitungsbahn nimmt das Potenzial oder der Nervendruck allmählich bis zu seinem Maximum zu infolge kontinuierlichen Zustromes von Wellen, welche an Eindrücke auf die Leitung oder Freiwerden des Nervenakkumulators sich anschliessen.

Ist das Neurodielectrique nicht absolut unüberwindlich, so tritt ein Zeitpunkt ein, wo seine Spannung nicht mehr das Gleichgewicht hält seinem Widerstande; es erfolgt dann eine Entladung wie am elektrischen Konduktor und im Anschlusse daran eine Muskelkontraktion.

Der auf Null gesunkene Druck steigt nun von neuem an; es gibt eine neue Entladung usw. So erklärt sich der intermittierende Charakter der Zuckungen bei Tremor, Athetose, Chorea, Tic, sowie bei epileptischen und hysterischen Anfällen. In dem Intervall zwischen zwei Entladungen erfolgt entweder ein kontinuierliches Ausfliessen von Nervenwellen, wie beim elektrischen Kondensator, und dann tritt Parese auf, die infolge vikariierender Muskeltätigkeit unbemerkt bleiben kann, oder aber es gehen überhaupt keine Nervenwellen durch und es tritt Paralyse ein, welche durch vikariierende Arbeit teilweise maskiert werden kann.

Dies erklärt das häufige Zusammenfallen pathologischer Kontraktionen mit mehr oder weniger offenbarer Parese in einem und demselben Muskelterritorium. Ist aber das Neurodielectrique gänzlich unüberwindlich, so lässt dasselbe keinerlei Entladungen zustande kommen und die Paralyse wird komplett.

Nach B.-S. erklärt diese Theorie, warum Hemiplegien häufig durch halbseitigen Tremor, Hemiathetose und Hemichorea eingeleitet werden. Vom Augenblicke, wo der Widerstand des Neurodielectrique nachlässt, steigern sich diese Erscheinungen allmählich, und deshalb stellen halbseitiger Tremor und Hemichorea sich manchmal von neuem ein, wenn die Hemiplegie in Besserung übergeht.

Den gleichen Gegenstand behandelt die in unmittelbarem Anschlusse an B.-S.'s Veröffentlichung erschienene Schrift von Sollier[1]).

Mit Recht weist dieser Forscher darauf hin, dass die dielektrische Theorie von B.-S. zwei Gesichtspunkte umfasst. Der eine Gesichtspunkt, welcher die Grundlage der ganzen Theorie bildet, vergleicht die Nervenenergie der elektrischen Energie; der zweite speziellere Gesichtspunkt erscheint als Anwendung des ersten auf gewisse pathologische Zustände, wie Tremor, Krämpfe und Lähmungen.

Was den ersten Grundgesichtspunkt betrifft, so weist S. auf eine ganz analoge Theorie der psychischen Energie hin, die er im Winter des Erscheinungsjahres seiner Schrift in einem zu Brüssel gehaltenen noch nicht veröffentlichten Vortrage entwickelt hat. Andererseits hat S. in seiner 1900 im Januarhefte der Bibliothèque de la philoeophie contemporaine veröffentlichten Arbeit „Le problème de la mémoire" seine Theorie des Gedächtnismechanismus dargelegt, die auf Analogien zwischen psychischen und elektrischen Erscheinungen sich gründet und einen grossen Teil der von Binet-Sanglé formulierten Sätze in sich enthält.

In dem erwähnten Artikel[2]) schliesst er sich den Darlegungen von Binet-Sanglé bezüglich der Identität der psychischen und physikalischen Erscheinungen an und weist mit Recht darauf hin, dass dieser Gesichtspunkt nicht mehr ganz neu sei, da im Ausland sogar ein spezielles Institut für physiologische Untersuchungen bestehe, welches ursprünglich zum Nachweise jener Identität errichtet worden sei.

Allerdings ist die Theorie der Nervenentladungen von Neuron zu Neuron, wie wir sahen, von mir schon vor Binet-Sanglé und P. Sollier in meiner Abhandlung über „Kontakttheorie und die Entladungen des Nervensystemes entwickelt worden[2]).

Es ist jedoch zu bemerken, dass von einer Identität zwischen eigentlich psychischen (einschliesslich der subjektiven bezw. bewussten) und elektrischen Erscheinungen vor den genannten Autoren niemand im Ernste gesprochen hat. Lassen sich doch zugunsten eines derartigen Standpunktes kaum irgend welche Tatsachen namhaft machen. Anders steht es um die Frage nach der Identität zwischen sog. Nervenstrom

[1]) Sollier, L'energie nerveuse et l'energie electrique, à propos de la théorie des neuroélectriques. Arch. de Neurol. 1900, Vol. X p. 297.

[2]) W. Bechterew, Neurolog. Zentralbl. 1896, S. 50, 103.

und Elektrizität. Für eine solche Identität sind, wie wir sahen, schon viele Physiologen eingetreten. Um aber die Frage nach der Identität des Nervenstromes mit elektrischer oder irgend einer anderen Energie zu entscheiden, ist vor allem zu eruieren, was unter Nervenstrom zu verstehen sei.

Es handelt sich bekanntlich in dem Nervensystem um Leitungsvorgänge längs den Nervenbahnen und um Erregungsvorgänge, die in den Nervenzellen konzentriert erscheinen.

Nur die Vorgänge der ersten Ordnung, d. h. diejenigen der Leitung, könnten mit dem physikalischen Hergange der elektrischen Stromschwankungen identifizierbar sein.

Dafür würde vor allem der Umstand sprechen, dass bei der Nervenleitung angeblich weder Veränderungen des Stoffwechsels im Nerven, noch auch Erhöhung seiner Temperatur (womit auch die neuerdings behauptete Unermüdbarkeit des Nerven übereinstimmt), noch auch irgend welche mikroskopisch wahrnehmbare Erscheinungen am tätigen Nerven zu beobachten sind. Andererseits spricht der von Bernstein nachgewiesene Parallelismus zwischen Fortpflanzung des Nervenstromes und der negativen Stromschwankung bezw. des Aktionsstromes im Nerven offenbar ebenfalls zugunsten der Identität von Nervenstrom und elektrischer Energie. Beachtung verdient sodann die Tatsache, dass verschiedene äussere Agentien, wie z. B. Kälte, auf das Leitungsvermögen des Nerven und auf die Fortpflanzung der negativen Stromschwankung längs seiner Bahn ganz dieselbe Wirkung üben. Doch ist nicht zu vergessen, dass durch alle diese Tatsachen die Identität zwischen Nervenstrom und elektrischer Schwankung noch nicht unbedingt bewiesen ist.

Wie wir sahen, ist der wichtigste Einwand gegen eine derartige Identifizierung gegeben in dem von Helmholtz nachgewiesenen Unterschiede der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des elektrischen Stromes und derjenigen des Nervenstromes.

Dieser Unterschied deutet offenbar darauf hin, dass die Fortpflanzung der negativen Schwankung des elektrischen Stromes im Verlaufe des Nerven durch irgendwelche besondere anatomisch-physiologische Bedingungen aufgehalten wird.

Ferner kann die zweiseitige Ausbreitung der elektronegativen Schwankung im Nerven, obwohl das funktionelle Leitungsvermögen hinsichtlich der Richtung ein streng bestimmtes ist, ebenfalls nicht im Sinne einer vollen Identifizierung des Nervenstromes mit elektrischer Energie bezw. mit elektronegativer Schwankung gedeutet werden. Im physiologischen Zustand wird die Richtung des Nervenstromes durch seinen Ausgangspunkt (Nervenzelle oder peripherer Nervenapparat) bestimmt.

Bekanntlich kann die negative Schwankung bew. der Aktionsstrom in einer Vorrichtung reproduziert werden, welche in physikalischer Beziehung eine Nervenfaser nachahmt, bestehend aus einer gut leitenden Achse, die eine Mineralsalzlösung enthält und von einem beim Durchtritt von Elektrizität Polarisationsströme entwickelnden relativ schlechten Leiter umgeben ist. Hieraus ist ersichtlich, dass die negative Stromschwankung eine echte physikalische Erscheinung ist, die unter geeigneten Verhältnissen künstlich reproduzierbar ist und zwar auch in Fällen, wo von einer Nerventätigkeit keine Rede sein kann. Zwischen lebendem und totem Leiter gibt es zweifellos einen wesentlichen Unterschied, der darin besteht, dass Anwendung anästhesierender Mittel die negative Schwankung zum Verschwinden bringt, was für den künstlichen Leiter nicht gilt; und doch lässt sich eine nahe Analogie zwischen beiden Erscheinungen nicht in Abrede stellen.

Andererseits ist schon erwähnt worden, dass im Grunde nicht von einer absoluten, sondern lediglich von einer relativen Unermüdbarkeit des Nerven die Rede sein kann, bei welcher der Nerv im Stande ist, ohne merkliche Veränderung seiner Arbeitsfähigkeit langdauernde physiologische Reizwirkungen zu ertragen. Von Bedeutung erscheinen in dieser Beziehung einige Sätze, die Herzen[1]) anführt und die in Folgendem bestehen:

1. Bei vielfacher Reizung, wenn der Nerv bereits aufhört, den Muskel zu erregen, genügt es, den Reiz dem Muskel zu nähern, um letzteren zur Kontraktion zu bringen. Offenbar zeigt in letzterem Falle die Endplatte eine Erregbarkeit, die der Nervenstamm ihr im ersten Falle nicht zuführen konnte und folglich sich in einem bestimmten veränderten Zustande befand, obwohl er elektronegative Schwankungserscheinungen darbot.

2. Durchschneidet man beim Kaninchen den N. ischiadicus unter beständiger Äthernarkotisierung des letzteren, so verschwindet die Reizbarkeit gleichzeitig in beiden Nerven. Wenn man dagegen das Tier sich von der Narkose erholen lässt und es nun durch Zerstörung des verlängerten Markes oder Erstickung tötet, was gewöhnlich bei dem Tiere Krämpfeerscheinungen auslöst, so erweist sich der ganze Nerv weniger erregbar als der durchschnittene und zugleich verschwindet seine Erregbarkeit im ersten Falle schneller als im zweiten. Das gleiche Ergebnis erhält man, wenn nach Durchschneidung des Nerven das Tier mittels Strychnin tödlich vergiftet wird. In diesem Falle zeigt der durchschnittene Nerv der anderen Seite sich als beträchtlich weniger erregbar herausstellt, so zwar, dass nur Annäherung an den Muskel

[1]) Herzen, Die physiologische Tätigkeit des Nerven und die dieselbe begleitenden elektrischen Erscheinungen. Wissenschaftl. Rundschau, März 1891.

eine Kontraktion auslöst, die zudem manchmal ganz fortbleibt. Ganz das nämliche Resultat ergibt sich auch in dem Falle, wenn man nach Durchschneidung beider Nn. ischiadici den einen mit schwachen Induktionsschlägen reizt und den anderen in Ruhe lässt.

Diese Erscheinungen sind offenbar nur zu verstehen unter Voraussetzung eines gesteigerten Widerstandes im Nerven während seiner erhöhten Tätigkeit, was nicht anders als durch gesteigerte Zersetzung seines Inhaltes sich erklären lässt. Bei allem dem aber bildet der Widerstand, der sich der Übertragung der funktionellen Tätigkeit entgegensetzt, kein Hindernis für die Fortpflanzung der negativen Schwankung.

Weiterhin zeigen die Versuche Herzens, dass bei Kuraresierung eine sich steigernde Leitungshemmung unzweifelhaft an der Nervenleitung selbst auftritt und nicht bloss eine Lähmung der Endplatte, wie Viele seit den Untersuchungen Claude Bernard's anzunehmen geneigt waren.

Diese Versuche Herzens erregen, wie schon früher bemerkt, eine Reihe von Bedenken, aber hinsichtlich der Unermüdbarkeit des Nerven unter ungewöhnlichen und abnormen Bedingungen ist ihre Bedeutung unbestreitbar.

Nach Cagovez, dessen Darstellung vom Standpunkt moderner physikalisch-chemischer Theorien ausgeht[1]), vollzieht sich bei der Reizung eines Nerven ein Dissimilationsprozess unter Entwicklung saurer Reaktion in demselben. Die saure Reaktion erzeugt einen elektrischen Konzentrations- bezw. Diffusionsstrom in der Richtung von der Reizstelle zum Muskel und zum Zentralnervensystem. Den Vorgang der Erregungsleitung „kann man sich nicht als Übertragung von Nervenimpulsen ausschliesslich sozusagen per contiguitatem (d. h. von einer Strecke unmittelbar zu der nächsten usw.) vorstellen, sondern es handelt sich um einen weitaus komplizierteren, teils physikalischen, teils chemischen Prozess. Doch beruht das Wesen des Prozesses auf rein physikalischen Besonderheiten der Struktur der Nervenfaser. Der chemische Vorgang kann den physikalischen nur in einem gewissen Sinne beeinflussen (scheinbare Abnahme des Polarisationsvolumens[2])".

Zugleich gehorcht der an einem Nerven sich fortpflanzende nervöse Impuls allen Gesetzen, nach welchen sich die elektrische Welle über

[1]) V. J. Cagovez, Die elektrischen Erscheinungen an lebenden Geweben usw. 1906, Heft 2.

[2]) a. a. O. Heft 2, S. 146. — An einem anderen Orte (Obosrên psihiatr. 1906 Nr. 4) sucht C. nachzuweisen, dass die Veränderungen der Nervenerregbarkeit bei Tetanisierung vollkommen analog sind den Erscheinungen unvollständiger Restitution nach dem Tode des Tieres bezw. bei künstlicher Ernährung mit Locke'scher Flüssigkeit.

den Telegraphendraht oder die elektrotonische Welle am Hermannschen Drahtmodell ausbreitet, und der Polarisationsprozess besteht hier nicht allein in der Ablagerung einer Polarisationsschicht der Ionen, sondern auch in der Bildung von Kohlensäure, die übrigens ebenso wie eine Ionenablagerung wirkt. Eine ausschliesslich physikalische Leitung im Nerven nimmt C. in Zuständen von Ermüdung oder Absterben der Nerven (Aktionsstrom ohne Aktion) an.

Obwohl also die Identität der Nervenleitung mit den elektronegativen Schwankungen nicht strikt bewiesen werden kann, ist erstere auf jeden Fall ein vorwiegend physikalischer Prozess, der dem elektrischen Strome vollkommen analog erscheint.

XXV.

Die chemische Grundlage der Zellerregung.

Was im besonderen die Erregung der Tätigkeit der Zellapparate betrifft, so deuten die vorhandenen Untersuchungen mit Entschiedenheit auf das Bestehen eines Chemismus während der Erregung der Nervenzelle. Bestätigt wird dies durch das Auftreten saurer Reaktion in der tätigen grauen Rindensubstanz, durch Steigerung ihrer Temperatur und entsprechende Veränderungen des Stoffwechsels, endlich durch unmittelbaren Nachweis mikroskopischer Veränderungen der Zellen in Tätigkeit befindlicher Nervengebiete.

Die Nervensubstanz, bemerkt Bourdot zutreffend[1]), ist komplizierter und veränderlicher als jede andere Substanz, enthält besondere Verbindungen, die gekreuzte Reaktionen eingehen — Albumin in besonderen Zuständen, dreifache Sauerstoffverbindungen, vierfache Alkalien, fünffache Phosphorverbindungen . . . Wegen ihrer chemischen Labilität, die sie ihrer komplizierten Zusammensetzung verdankt, assimiliert das Nervengewebe ausserordentlich leicht Elemente des Blutes, Säuren, Alkalien und Alkaloide, setzt sie dann in komplizierte Albuminoide um, Eiweissverbindungen, deren latente Kraft, die sich in gespanntem Zustande in den Cysten anhäuft, durch erregende Agentien frei wird und in lebendige Kraft oder in die Erregung übergeht, die von dem inneren funktionellen Gewebszerfall herrührt. Nichts ist verständlicher als die Beweglichkeit dieser zerbrechlichen Atomhaufen, die sich bald verbinden, bald infolge ihrer schwachen Affinität auseinanderweichen.

Die Nervenzelle ist bekanntlich ein recht komplizierter Körper, der aus einem Kern und Protoplasma besteht. Das Protoplasma seinerseits enthält 1. eine amorphe sog. achromatische Substanz mit Saftkanälchen, 2. Achromatin von fibrillärem Bau und Fortsetzungen von Gliafasern, und 3. Tigroidsubstanz, bestehend aus sog. chromatophilen Körnern von verschiedener Grösse, die sich nach Einigen zu Fäden von bestimmter Richtung ausziehen sollen.

Während der Kern, der quellen, schrumpfen und exzentrisch sich vorlagern kann, hauptsächlich nutritive und restitutive Funktionen erfüllt, ist an das Protoplasma die spezifisch nervöse Zellfunktion geknüpft.

[1]) Probl. de la vie, St. Petersburg, S. 30—31.

Die Chromatin- oder Tigroidsubstanz des Protoplasma (sog. Nissl'sche Körperchen) zeigt häufig beträchtliche Schwankungen ihrer Menge und erfährt unter Umständen einen Zerfall.

Die tigroide Substanz betrachten manche als Behälter von Reservenährstoffen (Becker, Cajal, Lenhossèk, van Gehuchten), andere als eine Art Verdichtungsstätte des Nervenstromes (Marinesco u. a.). Nach meiner Ansicht erscheinen die Nissl'schen Körper als Träger der Reservenährstoffe der Zelle, die in erster Linie die Reserveenergie der Nervenzelle umfasst.

Wie bei jedem Zellstoffwechsel, müssen auch in der Nervenzelle zwei Phasen chemischer Veränderungen durchlaufen werden, bestehend in Vorgängen der Zersetzung und Vorgängen der Synthese, die beide in nahem Zusammenhang mit einander stehen. Die Zersetzungsprozesse sind offenbar mit Umwandlung von Reserveenergie in die lebendige Energie der Wärme, Molekulararbeit etc. verbunden. Die Vorgänge der Synthese führen zu Verbrauch lebendiger Energie, zur Bindung von Elektrizität, Wärme usw. und somit zur Entwickelung von Reserveenergie. Es versteht sich von selbst, dass beide Phasen der Nervenzellentätigkeit überall mit einander Hand in Hand gehen, so jedoch, dass in verschiedenen Momenten der Zelltätigkeit bald die eine Phase, bald die andere überwiegen kann.

Die Veränderungen, welche die Struktur der Nervenzelle bei ihrer Tätigkeit erleidet, sind bereits mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen, doch hat man dabei nicht genügend berücksichtigt, ob es sich im Einzelfalle um eine normale Nerventätigkeit oder um bereits erschöpfte Nervenzellen handelte. Dies scheint einige der vorhandenen Widersprüche in den Befunden zu erklären. Die Art und Weise der Reizung, sowie ihre Dauer sind ebenfalls für die hier zu beobachtenden Veränderungen der Nervenzellen von Bedeutung. Am meisten Bedeutung haben in dieser Beziehung die Untersuchungen von Koribut-Daskiewicz, Hodge, Vas, Lugaro, Pergens, Lambert, Mann, Luxenburg.

K.-Daskiewicz machte Versuche an Fröschen und beobachtete bei faradischer Reizung des VIII. Spinalnerven die dabei auftretenden Veränderungen im Vergleiche mit dem Zustande des nicht gereizten Froschrückenmarkes. Die Zellen wurden mittels der vierfachen Färbung von Gaule behandelt. Es fanden sich Veränderungen der spinalen Zellkerne, und zwar erschien die Anzahl der mit Safranin sich färbenden Kerne um das 3,31fache vermehrt auf Kosten der Hämatoxylinkerne (d. h. der mit Hämatoxylin sich färbenden), ja in der Höhe des Eintrittes des Nerven betrug die Zunahme das 3,66fache.

Hodge reizte mit dem faradischen Strome die Spinalganglien durch die hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven und prüfte sodann

die Zellveränderungen bei Behandlung der Präparate mit Osmiumsäure oder nach Gaule. Er untersuchte ferner die Ganglia cephalica von Bienen und anderen Insekten nach nächtlicher Ruhe und nach Bewegungen. Nach vollzogener Reizung wurden folgende, wahrscheinlich als Ermüdungserscheinungen zu deutende Veränderungen gefunden: Das Volum des Zellprotoplasma zeigte nur eine minime Abnahme, die Osmiumsäurefärbung war schwächer und im Protoplasma erwiesen sich Vakuolen. Was die Kerne betrifft, so fand Hodge analoge Veränderungen ihrer Färbbarkeit, wie Daskiewicz. Er glaubt aber, dass gereizte Kerne mit Hämatoxylin färbbar sind, wobei sie dunkler als der Zellkörper, kontrahiert und in ihrem Volum verschmächtigt erscheinen.

Vas reizte mit dem faradischen Strome beim Kaninchen eines der oberen Ganglien durch die Nerven hindurch während 15 Minuten in 3 cm Abstand vom Ganglion. Er kommt auf Grundlage seiner Untersuchungen zu dem Schlusse, dass weder die Zellkörper, noch auch die Kerne ihre Dimensionen verringern, dass beide vielmehr, ganz im Gegensatze zu den Befunden Hodge's, auf der gereizten Seite an Volumen zunehmen. Er bemerkte dabei, dass die im Umkreise des Kernes sich anhäufenden Nissl'schen Chromatinkörperchen peripheriewärts hinausrücken, wodurch der zentrale Teil der Zelle deutlicher erscheint. Aber auch der Kern selbst erfuhr eine Vorlagerung gegen die Peripherie hin. Es ist jedoch, wie auch Vf. selbst glaubt, nicht anzunehmen, dass diese Befunde im Sinne einer Abnahme der Chromatinsubstanz im Gefolge des tätigen Zustandes der Zelle zu deuten wären.

Zu den gleichen Ergebnissen gelangte im allgemeinen auch Lambert bei einer Prüfung der Befunde von Vas, doch konnte er sich von einer Grössenzunahme der Zelle und des Zellkernes nicht überzeugen.

Lugaro untersuchte die sympathischen Ganglien auf ganz ähnliche Weise wie Vas. Seine Versuche führten zu dem Ergebnisse, dass eine gereizte Zelle zunächst an Umfang zunimmt, später aber infolge von Ermüdung abnimmt. In ähnlicher Weise verändern Kern und Kernkörperchen ihre Grösse. Die Grössenzunahme ist nach L. durch lebhaftere Plasmaaufsaugung und Auffüllung der interfibrillären Räume bedingt. Unverändert erwies sich die relative Lage von Kern und Kernkörperchen in der Zelle Eine Verlagerung der Chromatinsubstanz nach der Peripherie hin und eine Verringerung ihrer Masse im Kernumkreise ist Lugaro nicht aufgefallen.

Bei einer Vergleichung der Retinazellen im belichteten und im unbelichteten Auge fand Pergens im ersten Falle fast in allen Schichten Abnahme des Chromatins und zugleich Verschmächtigung der Zellen der gangliösen Schicht.

Mann untersuchte sympathische, motorische und sensible Zellen. Mit Vas findet er eine Grössenzunahme der Zellen und Kerne, nicht aber konnte er eine periphere Verlagerung der Chromatinkörper beobachten. Die Aufhellung des zentralen Teiles des Zellprotoplasma erklärt er durch Anhäufung von Lymphe im Innern der Zelle bei ihrer Tätigkeit, wodurch der färbbare Teil des Protoplasma Veränderungen seiner Zusammensetzung erleidet, möglicherweise unter Aufbrauch von Chromatinkörperchen.

Ausserdem eruierte M., dass das Hyaloplasma des Kerns einer gereizten Zelle ungefärbt bleibt im Gegensatz zu dem Hyaloplasma ungereizter Zellen. Die Chromatinsubstanz des Kerns nimmt ein wenig ab, das Kernkörperchen dagegen etwas zu und wird zugleich blasser. Die Zelle selbst vergrössert sich ebenfalls, wodurch die pericellulären Räume enger werden. Bei einer durch viele Stunden fortgesetzten Reizung werden die Kerne dunkler und ziehen sich etwas zusammen, meist aber nur auf einer Seite. Die Zahl der Chromatinkörperchen erschien verringert und diese selbst blasser geworden.

Zur Untersuchung der motorischen Zellen benutzte M. Hunde, die teils ruhig gehalten, teils einer zehnstündigen Muskelarbeit unterworfen wurden.

Wie sich dabei herausstellte, erschienen die Zellen der motorischen Zone der Gehirnrinde arbeitender Hunde blasser, wiewohl die interfibrilläre Substanz gefärbt war, die Zellkerne vergrössert, wie gequollen, das Hyaloplasma derselben dagegen ungefärbt. Ebenso blass fanden sich die Zellen des Lendenmarkes, die Chromatinkörper blasser gefärbt und von geringerem Umfange. Die Kerne erschienen stark geschrumpft, lebhaft gefärbt und homogen.

Endlich stellte M. eine Reihe von Versuchen über das Verhalten der Nervenzellen der Retina an, wobei dem Versuchstiere das eine Auge auf 12 Stunden verdeckt, das andere dem Licht ausgesetzt wurde. Er fand nun die Zellkerne der belichteten Netzhaut verkleinert und blass, die Chromatinkörperchen der Zellen geschrumpft und sternförmig umgestaltet.

Auf Grund aller dieser Untersuchungen kommt M. zu dem Ergebnisse, dass die im Ruhestande der Zelle sich anhäufende Chromatinsubstanz während der Tätigkeit verbraucht wird, wobei gleichzeitig die Zelle in allen ihren Bestandteilen (Körper der Zelle, Kern- und Kernkörperchen) an Grösse zunimmt. Es entwickeln sich an allen Zellarten: motorischen, sensiblen und sympathischen die gleichen Veränderungen. Ermüdung der Nervenzellen äussert sich in einer Zusammenziehung des Kerns und des Zellkörpers und in der Ausbildung einer diffusen Chromatinsubstanz im Zellkern.

Pugnat stellte Untersuchungen an jungen Katzen an, bei denen er mittels des faradischen Stromes die Spinalganglien von den Nerven aus reizte.

Die Veränderungen, welche er im Gefolge solcher Reizung beobachtete, bestanden in Verkleinerung der Zellen, Schwund der Chromatinsubstanz des Protoplasma, gleichmäfsiger Verkleinerung des Zellkernes, der jedoch nach P. keine Verlagerung nach der Peripherie hin erfährt. P. konnte dabei eruieren, dass stärkere und kurzdauernde Ströme lebhaftere Veränderungen hervorrufen, als schwächere aber länger anhaltende Ströme.

Zu erwähnen sind hier endlich die Untersuchungen von Magini und Valenza, die sich auf das elektrische Organ von Torpedo beziehen.

Magini untersuchte das elektrische Organ bei jugendlichen Torpedineen, die noch keine elektrischen Entladungen aufwiesen, ferner bei erwachsenen Exemplaren, die langsam an der Luft starben, und endlich bei solchen, die in voller Lebensfrische getötet wurden. Im ersten und zweiten Falle hatten die Zellkerne zentrale Lagerung, im dritten Falle schienen sie in der Richtung zum elektrischen Nerven verlagert, was M. als Ausdruck eines tätigen Zustandes der Zellen im elektrischen Organ auffasst.

Valenza fand keinerlei Veränderungen an den Zellen des elektrischen Organs nach andauernder Reizung des elektrischen Nerven. Dagegen nach unmittelbarer Reizung mit starken elektrischen Strömen beobachtete er zweierlei Veränderungen, die von der grösseren oder geringeren Entfernung der Reizungsstelle in Abhängigkeit stehen. In den Fällen, wo der Reiz unmittelbar appliziert ward, verkleinerte sich der Zellkern und in seinem Zentrum häufte sich eine grosse Masse Chromatinsubstanz.

Etwas weiter von der Reizungsstelle erschienen die Kerne grösser und die Chromatinanhäufungen fanden sich näher zur Zellmembran.

Pick reizte die Rindencentra einer Hemisphäre bei narkotisierten Tieren und untersuchte dann den entsprechenden Teil des Rückenmarks nach Nissl unter Vergleichung der gereizten Seite mit der ungereizten. Er betont das feinkörnige Aussehen der Zellen, beruhend auf Zerfall der Chromatinsubstanz: ferner findet er Grössenzunahme des Kerns und hes Kernkörperchens.

Von neueren nacd der Nisslschen Methode ausgeführten Arbeiten ist endlich besonders diejenige von J. Luxenburg[1]) zu nennen. Er eröffnete Hunden und Kaninchen in der Narkose den Wirbelkanal und machte zwei Einschnitte in das Rückenmark, wovon der eine die rechte

[1]) J. Luxenburg, Neurolog. Zentralbl. 1899, Nr. 14.

Seite von der linken trennte, der zweite quer verlief und eine Beeinflussung durch das Gehirn ausschloss. Dann wurde einer der Kruralnerven blossgelegt und mit einem faradischen Strome von solcher Stärke gereizt, dass in der gereizten Extremität ausgesprochene Kontraktionen auftraten. Die Reizung wurde eine Stunde lang fortgesetzt, wobei nach Verlauf von je fünf Minuten dem Nerv eine ebenso lange Ruhepause gegeben wurde.

Nach Beendigung der Versuche wurden die Tiere durch einen Schnitt unter der Medulla oblongata sofort getötet, das Zentralnervensystem in die Fixationsflüssigkeit gebracht und schliesslich grösstenteils nach der Nisslschen Methode gefärbt. Das Ergebnis dieser Versuche war folgendes: 1. In der Chromatinsubstanz motorischer Zellen des Rückenmarkes finden sich Vorräte potentieller Energie. 2. Der Zustand der Tätigkeit motorischer Zellen wird begleitet von morphologischen Veränderungen, welche als Zerfall der Chromatinsubstanz zum Ausdruck kommen. 3. Die Grösse des Zellkörpers und des Zellkernes während der Tätigkeit bleibt im allgemeinen unverändert. Die Kernkörperchen nehmen an Umfang zu. 4. Die Lage des Kerns zum Zellkörper erleidet keine Veränderungen. 5. Die Protoplasmafortsätze nehmen Anteil an der Tätigkeit der Nervenzelle. 6. Der Zustand der Zellermüdung wird begleitet von weiteren Veränderungen der chromatischen und achromatischen Substanz.

Endlich wurde bei Untersuchungen meines Laboratoriums (es handelte sich dabei um faradische Reizung der motorischen Centra der Hirnrinde, wobei vor dem Auftreten von Krämpfen das Brustmark durchschnitten wurde, mit nachfolgender Untersuchung der im Krämpfestadium tätig gewesenen Nervenzellen der Halsanschwellung und der in Ruhe verbliebenen Zellen der Lendenanschwellung) an den tätigen Zellen der Halsanschwellung exzentrische Lage des Zellkerns, Volumverminderung des Kerns und hochgradige Chromophilie bemerkt (Passek). War die Reizung anhaltend und stark genug, dann blieb der Kern im Zentrum, erschien aber geschrumpft und von kleinerem Volum, manchmal sogar gezähnelt; am Zellprotoplasma bestand auffallende Chromatolyse bis zu völligem Schwund der Chromatin- oder Tigroidsubstanz. Auch diese Befunde deuten entschieden darauf hin, dass das Chromatin der Zelle den Reservefond bildet, auf dessen Kosten vor allem ein Energieverbrauch während der Zelltätigkeit von statten geht.

Andererseits haben Untersuchungen Rahmanov's aus meinem Laboratorium ergeben, dass sowohl das Chromatin, wie auch der als Neurofibrillennetz auftretende nicht färbbare Teil der Nervenzelle, von einander in unmittelbarer Abhängigkeit stehend, plastische Eigenschaften haben und ihre Form und Lage leicht verändern. Grösse, Form und Lage der chromatischen Substanz bezw. der Nissl'schen Körper ent-

sprechen dabei vollkommen dem Aussehen des Neurofibrillennetzes und sind durch die Lagerung der Granula auf den Fibrillen bedingt. Bei der Bildung fester Massen und bei der Quellung der chromatischen Substanz erfährt die Fibrillensubstanz der Nervenzelle eine Auflockerung unter Bildung von Fabrillenzügen und weiter Maschen. Bei Zerfall oder Schwund der chromatischen Substanz, sowie in chromatinfreien Zellteilen erscheint das Netz gleichmäfsig angeordnet[1]).

Im Hinblicke auf das Ergebnis neuerer mit feineren Untersuchungsmethoden (Nissl) ausgeführter Erhebungen wird man im allmeinen nicht zweifeln dürfen, dass die wesentlichsten Veränderungen der Nervenzellen während ihrer Tätigkeit bezw. im Zustande der Ermüdung in Verbrauch der Chromatinsubstanz der Zelle und ihrer Protoplasmafortsätze zu suchen sind, welche Energievorräte der Nervencentra enthalten.

Weitere Veränderungen bestehen in Grössenzunahme des Zellkerns und Kernkörperchens, doch sind diese Veränderungen gegenüber den vorigen offenbar durch geringere Beständigkeit ausgezeichnet. Die Grössenzunahme der Zellen findet wohl ihre Erklärung in lebhafterem Zufluss von Nahrungssäften zu der tätigen Zelle, wobei alle Bestandteile des Zellprotoplasmas mehr oder weniger deutlich anschwellen. Die Veränderungen an den Kernen und Kernkörperchen sind teils passiver, teils aktiver Natur, und ihr verschiedener Charakter mag auf ungleichen Ermüdungszuständen der Nervenzellen beruhen.

Die Chromatinsubstanz bildet offenbar den am meisten aktiven, arbeitenden Teil der Zelle, der in sich Vorräte von Nervenenergie ablagert. Erinnert man sich nun, welche hervorragende Rolle der Kern bei der Zellvermehrung und Zellernährung spielt, dann erkennt man in der Chromatinsubstanz den am meisten charakteristischen Bestandteil des Protoplasma der Nervenzelle, da der fibrilläre Teil dieses Protoplasma unzweifelhaft eine Fortsetzung jener Fibrillen ist, die man auch in den Dendriten und im Achsenzylinder vorfindet und demgemäfs einen Leitungsapparat der Zelle darstellt.

Das Zellprotoplasma übt also, indem es im Zustande der Tätigkeit gewisse Veränderungen erfährt, einen Einfluss auf die in der Zelle vorhandenen fibrillären Bestandteile, die sich weiterhin im Achsenzylinder bis zu dessen Endverzweigungen fortsetzen.

Demgemäfs unterliegt es keinem Zweifel, dass an den Nervenzellen während ihrer Erregung vor allem chemische Vorgänge in Frage kommen, und hieraus folgt weiterhin, dass die Nervenzellerregung ihrem Wesen nach einem chemischen Vorgange entspricht, der sich in fast hand-

[1]) Rahmanov, Die Neurofibrillen und die chromatophile Substanz der Nervenzellen. St. Petersburg 1907.

greiflicher Deutlichkeit namentlich an dem färbbaren Teile des Protoplasma der Nervenzelle bezw. an den sog. Nissl'schen Körpern abspielt, die bei Ermüdung der Zelle unter Erscheinungen von Chromatolyse zu zerfallen beginnen.

Ferner darf man mit gutem Recht annehmen, dass auch die peripherischen Endigungen sensibler Nerven, die meist von modifizierten Epithelien überlagert sind, Apparate darstellen, in denen während der Perzeption ebenfalls Molekularvorgänge eine Rolle spielen, die auf die darunterliegenden peripheren sensiblen Fasern Einfluss üben.

Mehr als wahrscheinlich ist sodann, dass der Grundprozess, der zur Störung des Gleichgewichts der elektrischen Energie der Nervenfaser führt, ein Vorgang chemischer Natur sei, der in der Substanz der Nervenzelle oder in einem peripheren Apparate sich abspielt und die Grundlage der spezifischen Erregung derselben ausmacht

Es liegt in diesem Falle ein ganz analoges Verhältnis vor, wie bei der Entwickelung der elektronegativen Schwankung in Folge von künstlicher Beschädigung des Nervengewebes, an welche sich chemische Zersetzungsvorgänge in dem affizierten Gebiete anschliessen.

Unserer Auffassung nach sind also die chemischen bezw. die chemisch-molekularen Vorgänge, welche in den Zellen während ihrer Erregung auftreten und mit Gleichgewichtsstörungen der elektrischen Energie der Nervenfasern einhergehen, die Ursache der negativen Schwankung in diesen letzteren.

Da die Achsenzylinder keine Chromatinsubstanz enthalten, sondern nur aus Fibrillen bestehen, so weist schon die Struktur derselben auf einen wesentlichen funktionellen Unterschied zwischen Zellen und Achsenzylindern hin. Während die Zellen gewissermafsen als chemische Vorratskammern von Reserve-Energie erscheinen, haben die Achsenzylinder die Bedeutung einfacher Leitungsbahnen, deren Aufgabe offenbar darin liegt, die Erregung möglichst ohne unnötigen Verlust bis zu den Endverzweigungen der Fasern fortzuführen, woselbst die Erregung auf das nächste Neuron übergeht und hier dessen Zelle in den Tätigkeits-Zustand überführt.

XXVI.

Die Theorie der Nervenentladungen.

Um den Gesamt-Vorgang der Nervenerregung und die Verbreitung der Nervenimpulse auf der Bahn der Nervenzellen und Nervenfasern zu verstehen, muss man davon ausgehen, dass das Nervensystem sich als eine Summe einzelner Neurone darstellt, die wie die Glieder einer Kette in ihrer Längsrichtung durch blossen Kontakt mit einander zusammenhängen, ja in manchen Fällen nur durch nahe Anlagerung der Endverzweigungen des Nervenfortsatzes eines Neurons an die Dendriten und an den Zellkörper des zweiten Neurons zu einander Beziehungen haben.

Wir können uns den Nervenstrom nicht als einen Prozess vorstellen, der ununterbrochen eine Nervenbahn durchläuft als ein einheitliches Ganzes, da dessen Teile (die Neurone) in dem Verhältnisse gegenseitiger Berührung oder naher Anlagerung sich befinden. Schon der Umstand, dass die Neurone, deren Kette eine gegebene Leitungsbahn zusammensetzt, als selbständige physiologische Einheiten sich darstellen, zwingt zu der Annahme getrennter Nervenerregungen, die in einer Reihe kettenförmig verbundener aufeinander folgender Neurone zur Entwickelung kommen.

Da die Neurone durch einfachen Kontakt, ja in manchen Fällen durch blosse Anlagerung untereinander in Beziehung stehen, so ist eine ohne jede Unterbrechung längs der ganzen Kette der Neurone sich fortpflanzende Bewegung des Nervenstromes nicht wohl denkbar. Vielmehr erscheint es begründet, sich den Nervenstrom als bestehend aus einer Reihe von Erregungen vorzustellen, die selbständig in jedem einzelnen Neuron sich entwickeln, und zwar in der Weise, dass die Erregung eines jeden Neurones in kausaler Wechselbeziehung mit den Erregungen der angrenzenden Neurone der betreffenden Leitungsbahn steht, und dass sie Folge der Erregung des vorhergehenden und Ursache der Erregung des nachfolgenden Neurons ist. Kurz, wir haben uns den Nervenstrom als eine Reihe nacheinander in der Neuronkette ent-

stehender Erregungen zu denken, die successive durch einander bedingt erscheinen.

Ursprung der Strombewegung ist selbstverständlich irgend ein Impuls, sei es an der Peripherie in Gestalt einer physikalischen Einwirkung auf percipirende Nervenapparate, sei es in den Nervencentren in Gestalt einer spontan durch den Chemismus des Blutes bedingten Erregung oder einer Erregung in Folge eines Impulses, der von der Peripherie kommend im Zentrum eine Summe daliegender Reserve-Energie frei werden liess. In beiden Fällen gerät die Energiespannung der successive auf einander folgenden Nervenelemente aus dem bisherigen Gleichgewichte und dies wird zur Ursache der Weiterverbreitung jener Nervenerregung durch die Reihe der Neurone.

Im Falle einer zentrifugalen Erregungs-Ausbreitung führt die chemische Reaktion in der zentralen Nervenzelle ebenfalls zu einer Gleichgewichtsstörung der elektrischen Energie im ganzen Neuron, und dies erzeugt eine Gleichgewichtsstörung der elektrischen Spannung zwischen Endverzweigung des zentralen Neurons und den Dendriten und der Zelle des nächstfolgenden Neuroms, in welchem dementsprechend eine spezifische Reaktion eintritt, die wiederum zu einer Gleichgewichtsstörung der elektrischen Energie des betreffenden Neurons führt u. s. w., bis schliesslich die Erregung zur Endverzweigung des letzten Neurons gelangt, zwischen welcher und der Muskelfaser eine elektrische Entladung stattfindet, die schliesslich eine Muskelkontraktion auslöst.

Ob nun eine Erregung je nach der Verlaufs-Anordnung der Achsenzylinder in centripetaler oder in zentrifugaler Richtung sich fortpflanzt, immer kann sie auch den seitlichen Weg der Kollateralen einschlagen und so Gebiete mit erregen, die mit der Hauptleitungsbahn durch Kollateralen in Zusammenhang stehen.

Da die Erregung eines jeden Neurons einen selbständigen Vorgaug darstellt, so wird man, was sonst völlig unverständlich wäre, leicht ermessen, dass verhältnismäfsig wenig ausgedehnte Anhäufungen grauer Substanz event. weite Nervengebiete in Erregung versetzen können. Man denke nur an die vielseitige Tätigkeit des verschwindend kleinen motorischen Vaguskernes, die gänzlich unerklärt dastände, wenn immer ein und der nämliche Nervenstrom unvermindert sich der Peripherie hin ausbreitete. Dagegen fallen alle Schwierigkeiten hinweg, wenn wir annehmen, dass zur Erregung entlegener Nervengebiete ein mit den Vagusfasern ankommender Reiz ausreicht, um einen selbständigen Erregungsvorgang in den der Tätigkeit dieser Nerven untergeordneten Reserveenergie enthaltenden Ganglien auszulösen. Es erscheint dabei durchaus nicht notwendig, dass jede einzelne Zelle für sich den Nervenimpuls empfange, denn hierzu bedürfte es in den zuführenden Nerven einer ebenso grossen Anzahl von Nervenfasern, als in dem entsprechenden

peripherischen Ganglion vorhanden sind. Falls die Angaben Apathy's[1]) und Bethe's über den Übergang von Elementarfibrillen von einer Zelle in andere richtig ist, dann braucht der Strom der Nervenenergie nur einiger Nervenzelle zuzugehen, um die übrigen mit ihr verbundenen Nervenzellen mitzuerregen.

Ob die von Apathy und Bethe geschilderten Verhältnisse auch an der unversehrten lebenden Zelle vorkommen, wagen selbst Beobachter wie Held nicht zu behaupten, und es erscheint jedenfalls noch zweifelhaft, ob die Zellverhältnisse für das periphere und für zentrale Nervensystem der höheren Tiere Geltung haben.[2])

Beziehungen zwischen bestimmten Nervenzellen durch Dendriten und zwar durch blossen Kontakt derselben sind in dem Zentralnervensystem des Menschen und der höheren Tiere auch ohne direkte intercellularen Fibrillenübergang möglich.[3])

Bei den zwischen den Nervenzellen der einzelnen Zentra bestehenden kooperativen Wechselbeziehungen, die durch eine mehr oder weniger weitgehende Durchflechtung und Kontakt der Protoplasmafortsätze (in manchen Fällen findet sich an der Peripherie bekanntlich selbst eine netzförmige Anordnung der Nervenelemente) braucht der Strom der Nervenenergie nur einige von den Elementen zu berühren, damit die Erregung sich nach und nach auf einen Teil der Nachbarelemente des betreffenden Nervenzentrums ausbreite.

Meiner Auffassung nach kann demnach unter gewissen Umständen die Fortleitung einer Nervenerregung von Zelle zu Zelle durch die ineinandergreifenden Dendriten vermittelt werden, ein Verhalten, das die kooperative Tätigkeit mehrerer einer gleichen Funktion dienenden Zellen begünstigen würde. Auf die Möglichkeit einer solchen kooperativen Tätigkeit habe ich bereits 1896 auf Grund histologischer und pathologischer Befunde hingewiesen.

Späterhin hat sich auch der Histologe Lavdovski für das Zustandekommen intercellulärer Beziehungen durch Dendriten ausgesprochen.[4])

Da die Nervenzellen, bemerkt Sleeswijk[5]), von Lymphflüssigkeit umspült sind, so muss bei Vorhandensein einer hinreichenden

[1]) Apathy, Nederl. Tijdschr. von Geneesk. 1898. II. Ref. in Schmidt's Jahrb. — Biol. Zentralbl. 1899—1900, Bd. 9. — Mitteil. Zool. Stat. Neapel 1897, Bd. 12. — Bethe, Allgem. Anatomie u. Physiol. d. Nervensystems, Leipzig 1903. Die historische Entwicklung der Ganglienzellhypothese, Ergeb. d. Physiol. 1904, S. 193.

[2]) R. y Cajal (Vortrag auf d. Intern. Med. Kongr. zu Madrid) erklärt die Bethe'schen Fäden ebenfalls für Kunstprodukte; er selbst konnte solche weder im Kleinhirn, noch in der Grosshirnrinde, noch im Thalamus auffinden.

[3]) W. Bechterew, Die Leitungsbahnen u. Neurolog. Zentralbl. 1896.

[4]) M. D. Lavdovski, Vrač 1903.

[5]) R. Sleeswijk, Der Kampf des tierischen Organismus u. s. w. Amsterdam 1904, S. 21.

elektrischen Spannung im nachbarlich gelegenen Nerven-Zellen auch ohne jeden Dendriten-Kontakt, allein auf Grund der elektrischen Spannungsdifferenz, ein Stromübertritt von Zelle zu Zelle stattfinden.

Auch ist leicht zu erkennen, dass bei der Annahme einer Beweglichkeit der Zelldendriten die gegenseitigen anatomischen Beziehungen zwischen nachbarlichen Neuronen schon unter physiologischen Verhältnissen infolge der ungleichen Stromwiderstände interneuronalen mehr oder minder erhebliche Schwankungen aufweisen können. (Diélectriques von Binet-Sanglé). In pathologischen Fällen vollends können diese Hemmungen die Grenzen des physiologischen Schwankungen weit überschreiten und eine ganze Reihe pathologischer Zustände, wie Zittern, Krämpfe, Bewusstlosigkeit u. s. w. bedingen.

Da die Aufgabe einer Nervenfaser darin besteht, Energie von einer Zelle als Anfangsstück des Neurons bis zur nächsten Zelle unter möglichst geringen Verlusten fortzuleiten, so muss der nackte Achsenzylinder offenbar besonderer Schutzeinrichtungen bedürfen, die jeden unnötigen Energieverlust während der Leitung verhindern.

Dieser Schutz besteht an der Nervenfaser in Gestalt einer Reihe schlecht leitender Scheiden, die sie rings umhüllen (Markscheide in den Zentren, an der Peripherie ausserdem die Schwann'sche Scheide) und gleichzeitig zur Isolirung der Stromleitung im Nerven dienen.

In den Nervenzentren übrigens wird die Aufgabe der Isolirung anscheinend auch von der Neuroglia übernommen, die gleich der Grundlage der Markscheide sich als Horngebilde darstellt.

In den Nervenzentren bedürfen einer Isolirung nicht bloss die Fasern, die zumal beim Austritt aus den Zellen noch als gänzlich nackte Achsenzylinder erscheinen, sondern auch die Zellen mit ihren Protoplasmafortsätzen. Hier entfällt die Aufgabe des Schutzes vor übermäfsigem Energieverlust und zugleich die Aufgabe der Erregungsisolirung auf die Neuroglia und ihre feinkörnige Substanz, welche die Nervenzellen und ihre Fortsätze überall umhüllt.

Ich finde also, wie aus vorstehenden Darlegungen ersichtlich, die Grundlage der zentralen Nervenerregung in chemischen genauer chemisch-molokularen Zellvorgängen, die einen rein physkalischen Vorgang in Gestalt eines Nervenstromes mit dem Kennzeichen der elektrischen Schwankung in der hinzugehörigen Nervenfaser auslösen. Ich kann zugleich nicht umhin, innige Wechselbeziehungen der chemischen molekularen Prozesse mit den elektrischen Erscheinungen hervorzuheben.

Für die Entstehung der chemisch-molekularen Prozesse, die wir in der Zelle annehmen, muss die elektrische Energie eine grosse Bedeutung haben, und anderseits ist Elektrizität Folge solcher Molekular-

prozesse, wie Osmose, Diffusion, Filtration, Kapillarität u. s. w., die unzweifelhaft in den Nervenzellen sich vollziehen.

Eine physiologische Chemie ist daher, wie man nicht mit Unrecht bemerkt hat, ohne Elektrochemie undenkbar. [1])

Auch der Chemismus der im Erregungszustande befindlichen Nervenzelle ist offenbar begleitet von einer Störung des molekular-elektrischen Gleichgewichts der Zelle.

Von diesem Standpunkte aus wird man sich die gegenseitigen Beziehungen zwischen dem chemisch-molekularen Vorgange, der in der Zelle im Zustande ihrer Erregung Platz greift, und dem physikalischen Vorgange der Leitung des Nervenstromes dem Verständnisse noch näher bringen können. Hier wie dort haben wir es mit elektrischer Energie zu tun, die im ersten Falle als Faktor und Erreger des chemisch-molekularen Vorganges in der Zelle erscheint, im zweiten Falle aber die Übertragung der Nervenimpulse von Neuron zu Neuron übernimmt.

Es muss also zwischen beiden Vorgängen im physiologischen Zustande ein derartiger inniger Zusammenhang bestehen, bei welchem die im Nerven während der Leitungstätigkeit entstehenden elektrischen Erscheinungen Anstoss geben zu einer Störung des molekular-elektrischen Zellgleichgewichtes im nächsten Neuron und somit zur Entwickelung einer spezifischen Reaktion in der Nervenzelle, die als chemisch-molekularer Vorgang zu betrachten ist. Hinwiederum muss die spezifische Reaktion in der tätigen Zelle zum Auftreten elektrischer Erscheinungen im Nerven Anstoss geben, da es physiologisch-chemische Prozesse ohne Störung des elektrischen Gleichgewichtes und somit ohne Entwickelung elektrischer Schwankungen nicht gibt.

[1]) Kohn, Studien und Versuche über physiologische Elektrochemie. 1899.

XXVII.

Die Quellen der Reserveenergie der Nervenzentra.

Wie jede tierische Zelle Reserveenergie enthält, so umfasst insbesondere die Nervenzelle ausserordentliche Energie-Vorräte in sich in Folge der ungemeinen Kompliziertheit ihrer chemischen Konstitution.

Im Tätigkeitszustand der Zellen verbraucht, wird die Reserveenergie im Verlaufe der nutritiven Restitutionsprozesse im Nervensystem immer aufs neue ergänzt. Das in ungeheuren Mengen (bis zu $^1/_5$ der Gesamtmenge im Körper) dem Gehirn zuströmende Blut mit seinem Nährmaterial bildet eine der wichtigsten Quellen der Reserveenergie der Nervenzellen.

Eine weitere Quelle der im Nervengewebe sich ablagernden Energie ist die vorzügliche elektrische Leistungsfähigkeit des Nervengewebes bezw. der Nervenfaser.

Von elektrischen Erscheinungen begleitet sind, wie wir wissen, sämtliche beständig am Körper sich abspielende Molekularvorgänge, wie Osmose, Diffusion, Kapillarität, Filtration, ferner der Blut- und Lymphtransport in den Geweben, die Veränderungen der Oberflächenspannung, sowie alle chemischen Prozesse in den Körpergeweben.

Dies beweist eine Erregung zentripetaler Nervenfasern, und diese ununterbroche Erregung peripherer Nervenendigungen dient, mit dem Neuron zentripetalwärts sich fortpflanzend, hier zur Bildung von Reserveenergie und ersetzt bis zu einem gewissen Grade den Energieverbrauch, der durch den Tätigkeitszustand der Nervenzentra, sowie durch die nutritiven Restitutionsprozesse hierselbst fortwährend stattfindet.

Solway hat vielleicht Recht, wenn er die Muskeln im Hinblicke auf die so lebhaften Oxydationsvorgänge in denselben als Hauptquelle unserer Körperelektrizität betrachtet, so zwar, dass die in den Muskeln frei werdende Elektrizitätsenergie eine Erregung von Nervenendigungen bewirkt, die auf der Bahn zentripetaler Nerven den im Zustande der

Tätigkeit befindlichen Nervenzentren zufliessend, hier allmählich in Reserveenergie übergeht. [1])

Endlich — und dies betone ich ganz besonders — erscheinen die Nervenzellen sozusagen als spezifische Aufnahme-Apparate von Energie, die durch Umwandlung der verschieden auf die Körperpherie einwirkender (physikalischen, mechanischen, chemischen) Aussenreize im Nervenstrom entsteht.

Die peripherischen Nervenelemente sind gewissermafsen spezielle Vorrichtungen des Organismus zur Umsetzung von Aussenenergien, mit deren Wirkung der Organismus an seiner spezifische Sinnesorgane führenden Oberfläche in beständiger Berührung steht.

Alle Eindrücke der Aussenwelt, seien sie nun mechanischer (Erschütterung, Stoss, Druck, Stich etc.) oder physikalischer Art (Licht, Elektrizität, Schallwellen, Wärme) oder seien es chemische Vorgänge (Spaltungen, Synthesen, Umsetzungen, Zerstörungen etc.), die in Folge äusserer Einflüsse in unseren peripheren Sinnesorganen durch Kräfte-Verwandlung auftreten, dienen zur Entwicklung von Energie in unseren Sinneswerkzeugen. Soweit diese Energie durch den Chemismus und die Molekularprozesse unserer Sinneswerkzeuge selbst nicht ganz verbraucht wird, wird sie längs den Nervenbahnen den Zentralorganen unseres Nervensystems zugeführt, wo unerschöpfliche Energievorräte sich in Gestalt komplizierter chemischer, insbesondere Eiweissverbindungen häufen, die im Überschusse in den zentralen Nervenzellen beherbergt werden und ausserordentlich leicht in Folge bestimmter Anlässe zum Zerfalle geneigt sind.

Als Bestätigung dafür ist auf Untersuchungen Setschenov's hinzuweisen, aus denen hervorgeht, dass eine Energieladung der Zentra auf Grund von peripher anlangender Sinneseindrücke besteht. Das Muskelhautgefühl beseitigt, wie S. feststellt, bis zu einem gewissen Grade die Ermüdung der Muskeln nach ihrer Arbeit, steigert aber ihre Leistungsfähigkeit während der Arbeit. [2]) Auch Untersuchungen mit dem Vibrationsapparat ergeben, dass die Behandlung des Kniegelenkes damit eine hochgradige Steigerung des Patellarreflexes mit Knieklonus und spastischem Zittern der ganzen Extremität hervorruft; auch die Patellarreflexe der anderen Seite, wo ebenfalls Klonus entsteht, erfährt eine Steigerung. Es handelt sich dabei, wie Spezialversuche bezeugen, um eine Erhöhung der Erregbarkeit der zentralen Gebiete des Gehirns.

[1]) Der sog. Muskeltonus ist im wesentlichen nichts anderes als eine dauernde Aufrechterhaltung der Muskelerregung infolge ununterbrochenen Zuflusses zentripetaler Impulse von den Muskeln zu unseren Zentren, von wo sie reflektorisch längs der Zentrifugal-Bahnen zum Muskelsysteme zurückkehren.

[2]) J. M. Setschenov, Verhdl. Mosk. Gesellsch. d. Freunde d. Naturk. 18. Februar 1903.

Erregend auf die Reflexe wirken auch passive Bewegungen, die überhaupt den Vibrationseffekt beleben und verstärken.[1]) Offenbar handelt es sich auch hier um eine Art Ladung des Nervensystems durch periodische Reize.

Wir haben uns überhaupt im Nervensystem ausserordentliche Energievorräte zu denken, die bei den Vorgängen der Ernährung der Nervenzentra selbst und während der Molekularprozesse in den Körpergeweben frei werden.

Natürlich unterliegt der ausserordentliche Energievorrat der Nervenzentra einem beständigen Verbrauche zum Unterhalte der Muskelarbeit, der tierischen Wärme, der Blutbewegung, der sekretorischen und trophischen nutritiven Funktionen. So vollzieht sich ein ununterbrochener Kreislauf von Energie in dem lebenden Organismus.

Um die mit dem Energieverbrauch verbundene ausserordentliche Arbeitsleistung zu erfüllen, erhält das Gehirn bekanntlich eine enorme Blutzufuhr (im Umfange $^1/_5$ alles zirkulierenden Blutes); am reichlichsten mit Blut wird die Rindenschicht und überhaupt die graue Substanz des Gehirns versorgt. Die reiche Blutversorgung begünstigt eine Wiederherstellung der aufgewendeten Kräfte. Dementsprechend hinterbleibt bei jenem Verbrauche unter allen Umständen ein beträchtlicher Energievorrat in unseren Nervenzentren als Reserve für bestimmte Bedürfnisse des Organismus.

Diese beständige Reserveenergie unserer Nervenzentra bedingt nun das aktive Verhalten der Geschöpfe gegenüber der Umgebung und ihren Bedingungen und bildet zugleich die Grundlage der psychomotorischen Prozesse, denn in jedem beliebigen Zeitpunkt kann sie unter entsprechenden Bedingungen in lebendige Kraft übergehen.

[1]) A. E Sčerback, Neue Ergebnisse zur Physiologie der tiefen Reflexe. Obosren. psihiatr. 1902, No. 12. Revue neurol. 1903, No. 1. — Weitere experim. Unters. über die physiolog. Wirkung mechanischer Vibrationen. Obosren. psihiatr. 1903.

XXVIII.

Psyche und Leben als Äusserungen der Reserveenergie des Organismus.

Obige Darstellung ergiebt nun, dass die Reserveenergie der Zentra bei ihrem Freiwerden sich vor allem äussert in Gestalt elektrochemischer Reaktionen im Nervensystem.

Neben materiellen Prozessen in unserem Nervensystem, dem wichtigsten Vermittlungsapparat zwischen Organismus und Umgebung, führt diese Energie erfahrungsgemäfs zur Ausbildung subjektiver Zustände, die ein hervorragendes Charakteristikum der sog. psychischen Erscheinungen bilden. Daraus ergibt sich, dass auch die psychischen Erscheinungen mit ihrem Bewusstseinsinhalt Ausdruck der Reserve-Energie der Zentra sind.

Eine wesentliche Besonderheit der neuro-psychischen Tätigkeit bildet bekanntlich das Zweckmäfsig-Aktive, während Passivität und Trägheit ebenso bezeichnend für die tote Materie ist.

Das Psychische ist, wie das Leben, ohne zweckmäfsige Aktivität undenkbar. Zweckmäfsige Aktivität ist ein Charakteristikum des Psychischen in uns, in der subjektiven Analyse, und ausser uns in der objektiven Untersuchung der Tätigkeit aller psychisch ausgestatteter Lebewesen. In der uns umgebenden Welt finden wir überhaupt nichts aktiv-zweckmäfsiges ausser Psyche und Leben.

Nur das Psychische und das Leben gibt der Welt jenes aktiv-zweckmäfsige Prinzip, dessen die Natur ihrem Wesen nach beraubt ist. Aber diese aktive Zweckmäfsigkeit ist hauptsächlich Resultat der Reserve-Energie der Zentra.

Die Energien der Naturumgebung führen bei ihrer Einwirkung auf bestimmte in dicht geschlossene physische Organisationen in diesen einerseits zu physische Umsetzungen, wie sie mit dem Gewebsstoffwechsel verbunden sind, andererseits bedingen sie durch Wirkung auf das Nervensystem sowohl materielle Veränderungen, die sich hier vollziehen, als auch bestimmte innere bezw. subjektive Erscheinungen und damit ein aktiv-zweckmäfsiges Verhalten des Organismus zu der toten Naturumgebung.

Hierin wurzelt auch jener Parallelismus zwischen Innenerscheinungen und materiellen Prozessen im Gehirn, der nach Richet[1]) u. a. einen direkten Übergang von mechanisch-chemischer in psychische Energie zum Ausdruck.

Andererseits betrachtet Gautier (Revue scientifique 11. et 18. déc. 1886, janv. 1887) die verschiedenen psychischen Prozesse (Empfindungen, Apperzeptionen, Bilder, Concepta usw.) als reine Formen, die in Organen, in denen sie ihren Sitz haben, direkt entstehen und keinerlei mechanisches, chemisches oder thermisches Äquivalent haben.

Obwohl nach den Versuchen von Schiff u. a. das Gehirn sich während des Zustromes der Erregungen anwärmt, bemerkt Gautier, das Gehirn müsse sich abkühlen, falls die Perzeption Produkt mechanischer oder chemischer Energie wäre. Empfindung und geistige Arbeit haben also nach Gautier kein mechanisches Äquivalent und sind nicht Produkte mechanisch-chemischer Energien. Noch weniger sind sie Kraft, denn weder ist ihr Erscheinen mit Energieverbrauch verbunden, noch auch bewirken sie selbst das Erscheinen von Energie.

Nach Herzen verwechselt Gautier die Apperzeption und Gedanken, d. h. eine geistige Lastung mit einem wesentlich davon verschiedenen zeitlichen Vorgang, nämlich Bewusstsein; dieser Einwand ist aber unwesentlich, denn die Bewusstseinsprozesse umfassen sowohl die Apperzeption, wie auch die Gedanken.

Diese sog. subjektiven Zustände, die als eine Reihe nicht nur ihrer Intensität nach, sondern auch qualitativ verschiedener Innenerscheinungen unmittelbar apperzipiert werden, sind das, was uns ein Erkennen der Aussenwelt ermöglicht, da den verschiedenen objektiv verlaufenden quantitativen Veränderungen der Aussenwelt immer bestimmte molekulare Reaktionen im Nervengewebe sowie nicht minder bestimmte, aber in verschiedenen Fällen qualitativ differente mit jenen Hand in Hand gehende Innenerscheinungen entsprechen.

Demnach ist die qualitative Verschiedenheit der Innenerscheinungen primär bedingt durch die Art und Weise des Verhaltens des äusseren Agens zur Natur des Organismus selbst; so z. B. entsprechen zerstörenden und deshalb dem Organismus schädlichen Einwirkungen, unangenehme Empfindungen und Vorstellungen und ebenso unangenehme Allgemeingefühle, dagegen feineren dem Wohle des Organismus förderlichen oder ihm vorteilhaften Agentien angenehme Empfindungen und Vorstellungen und ebenso angenehme Gemeingefühle.

[1]) Nach ihm (Ch. Richet, de travail psychique et la force chemique. Revue scientifique 1886, XII. S. 788. — La ponsée et la travail chemique. Revue scientifique XIII. S. 83. — Des origines de la chaleur et de la force chez les êtres vivants. Paris 1886) ist Gedanke und Muskelarbeit Folge chemischer Wirkungen, eine materialistische Auffassung, die, wie wir sahen, keiner Kritik Stand hält.

Da die inneren oder subjektiven Zustände stets in einem bestimmten und konstanten Verhältnis zu den Aussenwirkungen stehen, wobei fernere Agentien, die die Zentra im Sinne einer Begünstigung des Nervenzellstoffwechsels beeinflussen, angenehme Empfindungen und Gefühle und entsprechende Vorstellungen ergeben, während zerstörende, dem Organismus schädliche Agentien, indem sie die Zentra in einem anderen Sinne beeinflussen, unangenehme Empfindungen und Gefühl und entsprechende Vorstellungen erzeugen, so werden die Entladungen der zentralen und muskulären Reserve-Energie, sofern sie sich als Bewegungen und Handlungen äussern und zu den Aussenwirkungen ebenfalls in einem bestimmten Verhältnis stehen, in verschiedenen Fällen ungleich sein müssen.

Im ersten Fall werden die durch Energieentladung erzeugten Bewegungen und Handlungen einen anhaltenden, dauernden Charakter haben und die Neigung zur Wiederholung der den angenehmen Gefühlen, Empfindungen und Vorstellungen zugrunde liegenden Einflüsse aufweisen, im zweiten Fall werden die entstehenden Bewegungen und Handlungen auf eine Beseitigung der schädlichen Agentien, auf Abschwächung ihrer Wirkung auf den Organismus und auf möglichste Beschränkung ihrer Wiederholungsmöglichkeit hinzielen.

Die Befriedigung der Lebensbedürfnisse eines Organismus führt, sofern sie mit angenehmen Gefühlen verbunden ist, zur Anregung von Handlungen, die eine möglichst vollständige Befriedigung gewährleisten, während Störungen der Lebensprozesse, die mit unangenehmen Gefühlen verbunden sind, in der Regel Abwehrbewegungen hervorrufen.

Auf diesen Beziehungen zwischen den Aussenwirkungen des umgebenden Milieu und den Innenreaktionen des Organismus beruht dessen zweckmäfsiges Verhalten zu dem Milieu, und dieses Verhalten bestimmt seinerseits den Grad des Wohlbefindens des Organismus unter den jeweiligen Bedingungen.

Da die fundamentalen Lebensprozesse der Ernährung und Vermehrung im normalen Organismus stets mit angenehmen Empfindungen und angenehmen Allgemeingefühlen verbunden sind, so wird man hiernach leicht ermessen, wie eng Leben und Psyche mit einander verbunden sind. Da andererseits alle angenehmen Empfindungen das Muskelsystem anregen, unangenehme dagegen es hemmen, so begreift man, warum Angriffsbewegungen mit angenehmen Empfindungen und Gefühlen, Abwehrbewegungen mit unangenehmen Empfindungen und Gefühlen associiert erscheinen. Wären Ernährung und Vermehrung der Organismen nicht mit angenehmen subjektiven Zuständen verbunden, dann erschiene ein Tierleben auf der Erde kaum denkbar. Man kann im allgemeinen sagen, dass jedes Lebewesen, sofern es sich auf die eine oder andere Weise zu ernähren sucht, unbedingt eine gewisse Psyche hat, die ihn zur Erreichung fundamentaler organischer Aufgaben leitet.

Dies bezeugt aufs neue das Bestehen denkbar naher gegenseitiger Beziehungen zwischen Psyche und Leben. Leben und Psyche bilden überall ein untrennbares Ganzes als Erzeugnis jener enormen Energievorräte, die der Organismus namentlich in seinen Nervenelementen ablagert.

Sind die Lebenserscheinungen nicht mit dem Psychischen identifizierbar, so erscheint ein selbständiges Leben als Ganzes, so wie es in organisierten Geschöpfen von den niedersten bis zu den höchsten sich ausspricht, ohne eine Psyche unmöglich und undenkbar.

Wo das Leben in latentem Zustande besteht oder sich in minimalen Merkmalen äussert, wie z. B. bei der Herabsetzung der Lebenstätigkeit durch Erfrieren oder während der Lethargie bleibt das Psychische ebenfalls zeitweilig latent; je mehr aber das Leben deutlich im Organismus zur Äusserung kommt, tritt das Psychische stets als leitendes Agens hervor, dessen Verlust unvermeidlich den Untergang des Organismus bedeutet.

In der Tierwelt finden wir, beständig auch objektive psychische Erscheinungen in Gestalt auf früherer Erfahrung beruhender Reaktionen, die neben einfachen Reflexen als Indices der äusseren Wechselbeziehungen umgebender Natur sich darstellen. Demzufolge ist der Organismus in der Lage, seine Energievorräte zu den zweckmäfsigsten Reaktionen auf Aussenreize zu verwerten.

Herbert Spencer definiert die Tätigkeit des Nervensystems als „eine Anpassung der inneren Verhältnisse an die äusseren". Diese fast landläufig gewordene Definition vergisst, dass auch eine Modifizierung der Aussenbedingungen besteht, also eine nebenhergehende Anpassung der äusseren Verhältnisse an die inneren Verhältnisse.

Da ferner die Grundlagen zur Entwickelung der fraglichen Reaktionen nicht bloss in dem Nervengewebe der höheren Geschöpfe, sondern schon in dem Protoplasma von Tieren, die kein Nervensystem besitzen, vorhanden sind, so erscheint es natürlich, dass jenes Verhalten zu der Umgebung bereits auf den ersten Stufen des Organischen Platz greift.

Es bleibt dabei das Wesen der Sache unberührt, ob wir nun allein die höchsten Geschöpfe mit ihren mehr oder minder zusammengesetzten Nervenapparaten oder auch die einfachsten eines Nervensystems noch gänzlich entbehrenden Organismen unserer Betrachtung zugrunde legen. Unzweifelhaft bilden auch hier die Grundlage des aktiv-zweckmäfsigen Verhaltens des Organismus zu der umgebenden Natur die gleichen Energievorräte, die zwar bei niedersten Geschöpfen und Pflanzen noch nicht in einem Nervensystem konzentriert sind, dafür aber in allen Teilen derartiger Geschöpfe ihren Sitz finden und äusserlich auch hier in Gestalt objektiver Prozesse hervortreten (Bewegungen, Sekretionen usw.), die in bestimmter Weise auf Grund gewonnener Erfahrung zustande kommen.

XXIX.

Reizbarkeit und Amöboismus der Nervenzelle.

Die Reizbarkeit der Nervenzellen kann mit Sicherheit nachgewiesen werden. Nissl[1]) hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass bei Reizung des Facialis die Zellen in dessen Kern sich intensiver färben, als gewöhnlich. Die Farbbarkeit bezw. ihrer Nissl'schen Körperchen steht also in direkter Beziehung zu ihrer funktionellen Reizbarkeit. Zahlreiche spätere Untersuchungen über das Verhalten der Nervenzellen bei elektrischer und anderer Reizung der Nerven führte. Zu dem Ergebnis, dass die Zellen unter diesen Verhältnissen tingierbarer sind, leicht ihr Volum verändern, wobei der Zellkern sich exzentrisch verlagert, bei anhaltender Reizung ging schliesslich die Chromatinsubstanz verloren. Kurz, es ergaben sich deutliche Beziehungen zwischen den inneren Zellveränderungen und funktionellen Reizbarkeit.

Über die Beziehungen der chromatophilen Substanz der Nervenzelle (bezw. der Nissl'schen Körperchen) zu ihrem fibrillären Teil liegen Untersuchungen Rachmanov's aus meinem Laboratorium vor[1]). Beide Bestandteile der Nervenzelle stehen in engster Abhängigkeit von einander; beide sind plastisch und verändern leicht ihre Form und Lage; die chromatophile Substanz entspricht nach Grösse, Form und Lage vollkommen dem Verhalten des Neurofibrillennetzes und erscheint als Resultat der Anordnung der Granula auf den Neurofibrillen. Das Neurofibrillennetz zerfällt bei Zerstörung des Zellkerns.

Die Zellreizung ruft aber nicht nur innere Strukturveränderungen hervor, sondern alteriert auch die äussere Gestalt des Zellkörpers und seiner Fortsätze und zwar ebenfalls in Abhängigkeit von den Zellstoffwechsel.

Dass die Nervenzellen ausserordentlich bewegliche Elemente darstellen, bezeugen schon die Untersuchungen von His an embryonalen Nervenzellen, die sich infolge ihrer Beweglichkeit entsprechend den besten Ernährungsbedingungen leukocytenartig verlagern können. Selbst der Adit der Embryonelzellen ist nach Lenhossèk amöboid beweglich

[1]) Obozrên. psihiatr. 1907.

und im Stande, eine bestimmte Richtung einzunehmen, eine Fähigkeit, die R. y Cajal auf Reizbarkeit des Achsenzylinders gegenüber bestimmten Zellexcreten zurückführt, denen er sich zukehren soll (sogen. Chemiotaxis). Man hat es früher nicht geahnt, dass auch erwachsene, vollentwickelte Nervenzellen Bewegungsvermögen haben, das nur den embryonalen Nervenzellen zugeschrieben wurde. Nach den jetzigen Erfahrungen ist aber auch die erwachsene Nervenzelle kein träger Körper, vielmehr bildet Beweglichkeit eine seiner Grundeigenschaften.

Einige Beobachtungen deuten, wie wir sahen, auf das Bestehen eines Zellamöboismus in Gestalt reichlicherer Fortsatzbildung unter Einfluss der Übung und gesteigerter funktioneller Inanspruchnahme.

Der Amöboismus der Nervenzelle kann aber auch Folge bestimmter Ernährungs- und Funktionszustände sein.

Rabl-Burckhardt hat zuerst auf die Möglichkeit eines Amöboismus der Dendriten hingewiesen, der sie zu physiologischem Kontakt befähige, eine Erscheinung die gewisse psychische Zustände (Schlaf, Hypnose usw.) erklären sollte.[1])

Er äusserte zuerst die Vermutung, dass die Nervenzellen bei geistiger Arbeit einen vorübergehenden Kontakt erfahren, der beim Eintritt der Ruhe aufhöre.

Wiedersheim beobachtet einen solchen Amöboismus an den Nervenzellen von Leptodora hinalina (Anatom. Anzeiger 1890, Bd. 5. No. 23); die Bewegungen sind hier langsam und durch Vergleichung der einzelnen Bilder erkennbar. Die geäusserten Zweifel an der nervösen Natur der Elemente, um die es sich hier handelt, scheinen unbegründet.

Nach Rabl-Burckhardt beschrieb (anscheinend unabhängig von ihm) Duval (Revue scientif. 1895, C. R Soc. de Biol. 1895) einen Amöboismus der Dendriten und suchte auf Grund einer der Rabl'schen analogen Hypothese darauf gewisse Erscheinungen des normalen und pathologischen Schlafes, sowie andere psychische Vorgänge zurückzuführen, so die zum Teil auch chemiotaxisch bedingte Wirkungsweise von Tee, Kaffee usw. auf die psychische Tätigkeit. Hinsichtlich der chemiotaxischen Erscheinungen beruft sich D. auf eine Hypothese Lepines (Revue de méd. 1894), wonach das Bewegungsvermögen der Dendriten von plötzlichen chemischen Veränderungen des Protoplasma der Nervenzelle abhängig sein soll, analog der positiven und negativen Chemiotaxis der Leukocyten, die sich bekanntlich sauerstoffreicher Flüssigkeiten zu- und sauerstoffarmen abwenden (Lepine, Rouvier, Landovskii, was auch von niederen Organismen (Demoor) bekannt ist.

---

[1]) Rabl-Burckhardt, Sind die Ganglionzellen amöboid? Neurologisches Zentralbl. 1890, Nr. 7.

Den Amöboismus der Nervenzellen unter verschiedenen Bedingungen behandeln sodann Demoor, Querton, Stephanowska, Manouelin (Soc. de Biol. 1898), Pupin (La Neurone, Thèse de Paris 1896), Deyber (Thèse de Paris 1898), Narbut (aus unserem Laboratorium, Obosren. psychiatr. 1899), Suchanow u. a.[1])

Heyer, Demoor, Duval, Tanzi (Riv. sperim. di fren. 1893), Sčerbak (Obosr. pychiatr. 1899) unternahmen die Beziehungen des Nervenzellamöboismus zu gewissen physiologischen und pathologischen Nervenzuständen. Nach Frank und Weil ist die Beweglichkeit der Zellfortsätze künstlich durch Einwirkung verschiedener Reagentien hervorrufbar. Wenn aber die Zellfortsätze sich bei gleicher Präparatenbehandlung in verschiedenen physiologischen Zuständen ungleich verhalten, so kann es sich nicht um eine Wirkung der Reagentien, die im übrigen auf die Beweglichkeit der Fortsätze von Einfluss sein mögen.

Nach Ramon y Cajal haben auch fixierte Nervenzellen noch eine gewisse amöboide Beweglichkeit, die auf beständiger Übung und gesteigerter funktioneller Inanspruchnahme beruhend zu einer Vermehrung der Zahl der Collatteralen und Endresien der Aditen, sowie nicht hinreichend entwickelter und sogar neuer Dendriten führen soll, die neue Verbindungen zwischen den Neuron herstellen helfen.[2])

Auch Kölliker nimmt ebenfalls einen Amöboismus der Nervenzellen an, fasst dieselben aber als sog. Wachstumbewegung auf.

Ebenso betrachtet Tanzi die Entwickelung und Neubildung der Dendriten als Erscheinungen physiologischer Hypertrophie auf.[3])

Lenhossèk bestreitet die Möglichkeit einer Weiterentwickelung und Neubildung der Nervenzellfortsätze und nimmt nur ein strukturelles Vervollkommungsvermögen derselben auf ein Satz, dem man nicht bestimmen wird, wenn man sich erinnert, dass Entwickelung und Wachstum unter Einfluss von Übung eine allgemeine Eigenschaft des Organismus ist.

Nach Obersteiner[4]) und Lugaro[5]) ist gesteigerte Tätigkeit und Übung nicht Ursache, sondern Folge der Dendritenentwickelung. Entwickeln sich die Dendriten aus irgend welchem Grunde nicht, dann könne Übung ihre Dimensionen nicht beeinflussen. Es handelt sich

[1]) Welter beobachtete neuerdings relativ schnelle Veränderungen der Grösse des Zellkörpers und seiner Fortsätze am auftauenden Froschhirn, doch mögen diese Erscheinungen von physikalischen Bedingungen abhängen und kommen hier wohl nicht in Betracht.

[2]) R. y Cajal, Allg. Betrachtung über d. Morphol. d. Nervenzellen. Arch. f. Anat. 1896, K. 3—4.

[3]) Il fatti e le induzioni nell' interna istol. d. syst nerv. Riv. sper. fren. 1893.

[4]) Obersteiner, Wien. Med. Wochenschr. 1895. XLV, 12.

[5]) Lugaro, Selle modificazioni delle cellule nervose. La sperim. 1895. XLIX.

hier also um Innenkräfte der Zelle, während die Aussenbedingungen nur als begünstigendes Moment eine Rolle spielen.

Demoor nimmt an, dass der Zellkörper unter gewissen Bedingungen physiologische Formveränderungen erfahren kann.

Die verschiedenen Zellformen entstehen bekanntlich aus einem primären kugelförmigen Grundtypus, den auch die Eizelle aufweist. Der Übergang in eine eckige, kegel- oder pyramidenförmige Gestalt bewirkt günstigere Ernährungsbedingungen, da die Zelloberfläche im Verhältnis zum Protoplasmavolum dabei relativ wächst. Darauf beruht auch die biologische Bedeutung der Dendriten. Da die Nervenzelle besser als irgendwelche andere Zellen ihren Stoffwechsel entsprechend ihren Funktionen selbst zu regulieren vermag, bemerkt Przihodski [1]), kann ihre Kegel- und Pyramidenform nicht konstant sein; wird sie mehr oder weniger abgerundet oder nähert sie sich der Kugelform, dann verliert sie infolge dieser Formveränderung bis zu $^1/_4$ an Oberfläche, und dies bedingt eine Einschränkung ihres Absorptionsvermögens.

Dazu kommt als ein diese Formveränderung begleitendes und die Absorption behinderndes weiteres Moment eine Zusammenziehung des Protoplasma, der zufolge der flüssige Zellinhalt unter Druck nach aussen tritt und eine Absorption ausschliesst. Erschlafft nun das Protoplasma, dann nimmt die Zelle immer mehr eine eckige Form an, ihre Oberfläche steigt und bei dem intrazellulären Druck kann nun eine gesteigerte Absorption des Nährmateriales von statten gehen.

Auf dem fortwährenden Alternieren dieser beiden Phasen beruht die Ernährung und zugleich der Stoffwechsel der Nervenzelle.

Die Ernährung der Nervenzelle ist also nicht ein passiver, sondern zweifellos ein aktiver Vergleich, der bis zu einem bestimmten Grade von der Innenenergie der Zelle abhängt.

Als Teile des Zellkörpers müssen die Dendriten, wie P. weiter ausführt, ebenfalls absorptions- und sekretionsfähig sein, und zwar erscheinen sie infolge des besonders günstigen Verhältnisses zwischen Oberfläche und Volum als Hauptabsorptions- und Sekretionsorgans der Zelle.

Auch unter pathologischen Verhältnissen zeigt die Nervenzelle gleich ihren Dendriten bekanntlich hochgradige Formveränderungen; der Zellkörper zieht sich zusammen und rundet auch ab, die Fortsätze erscheinen verkürzt oder gestützt, Erscheinungen, die mit ungünstigen Ernährungsbedingungen direkt zusammenhängen. Selbstverständlich können andere Einflüsse für die physiologische Beweglichkeit der Nervenzelle und ihrer Fortsätze nicht dieselbe Bedeutung haben, wie plötzliche Einwirkungen auf die Zellernährung. P. fand experimentell, dass bei

[1]) Przihodski, Der nutritiv-funktionelle Mechanismus der Nervenzelle. Dissert. Petersburg.

plötzlichem Tode entsprechende Veränderungen der Form und Grösse der Nervenzellen eintreten, die von Bewegungen (Zu- und Abnahme der Elastizität des Hyaloplasma) abhängen.

Die sogen. birnförmigen Anhänge oder Endstachel der Dendriten, die gegenwärtig mittels der Methoden von Golgi und Cajal, sowie mit der vitalen Methylenblaufärbung nachgewiesen sind (Dogiel, R. y Cajal[1]), Mayer[2]) u. a.) und die von einigen (Kölliker, Berkley u. a.) irrtümlich für Kunstprodukte angesehen werden, sind anscheinend für den Kontakt der Nervenelemente und für das Bewegungsvermögen der Dendriten ebenfalls von geringer Bedeutung. Sie tragen wesentlich zur Vergrösserung der Dendritenoberfläche bei und bewirken einen vorübergehenden Kontakt der Fortsätze. Wenn die Anhänge nach aussen treten, begünstigen sie den Kontakt mit den Endaufzweigungen des Axons; sich zurückziehend, lösen sie den Kontakt ev. auf, wie dies wenigstens die Versuche von Stephanowska andeuten.

Ausserordentlich reichlich mit diesen Anhängen versehen sind die Dendriten der Pyramidenzellen der Gehirnrinde und besonders der Spitzenfortsatz der grossen und kleinen Pyramiden, der weit nach aussen in die Molekularschicht vordringend auf die hier in grosser Zahl vorhandenen Endigungen der Assoziationsfasern stösst.

Spezialversuche meines Laboratoriums (Narbut) bestätigen ebenfalls die Beweglichkeit der birnförmigen Anhänge und ihr Verschwinden während des natürlichen Schlafes.

Demoor fand Verschwinden der Anhänge und rosenkranzförmige Anordnung der Fortsätze bei Vergiftung mit Alkohol und Chloralhydrat, bei Embolien in der Nähe des embolisierten Gefässes, sowie bei Faradisation der motorischen Zentra[3]). Analoge Befunde erhielt Stephanowska[4]) und Monti[5]) sah rosenkranzförmigen Zustand der Fortsätze bei Embolien[6]).

[1]) R. y Cajal, La Cellule 1891, Bd. 7.

[2]) Mayer, Über eine Verbindungsweise der Neuronen. Arch. f. mikrosk. Anat. 1895, 1896, 1899.

[3]) Demoor, La plasticité des neurons etc. Travaux de l'institut de Solvay, Bruxelles. 1896, 1898.

[4]) Stephanowska, Ibidem 1897, 1900. T. I Fasc. 3, T. III Fasc. 3.

[5]) Monti, Sur l'anatomie pathol. des éléments nerveux etc. Arch. ital. de Biol. 1896, Vol. XIV.

[6]) Mit der Tätigkeit der birnförmigen Anhänge bringen einige Beobachter die sog. rosenkranzförmigen Verdickungen oder den monylimorphen Zustand der Dendriten in Verbindung. Mit dem Verschwinden der birnförmigen Anhänge sollen die Dendriten monylimorph werden und umgekehrt beim Erscheinen der Anhänge der rosenkranzförmige Zustand verschwinden. Berkley und Stephanowska schildern einen solchen Zusammenhang zwischen Anhängen und Monylomorphie der Dendriten auf Grund von Versuchen mit galvanischer Reizung der Gehirnrinde, ebenso Duval, Heger und Demoor auf Grund von Beobachtungen über Narkosezustände, wo die

Die Beweglichkeit des Protoplasma und des Amöboismus der Dendriten bezeugt ein aktives Verhalten der Nervenzelle gegenüber dem umgebenden Milieu. Die Nervenzelle ist zwar nicht in dem gleichen Grade kontraktil, wie die Muskelfaser, aber sie reagiert deutlich auf nutritive und andere Reize.

Ihr Nährmaterial, bemerkt Przihodski, bezieht die Nervenzelle nicht direkt aus den Gefässen, noch auch vermittels Neurogliazellen (Golgi), sondern nimmt es direkt aus der umgebenden Lymphe bezw. aus dem präformierten Blutplasma, das von allen Seiten die Nervenzelle umspült. Demnach besitzt die Nervenzelle und dadurch auch das ganze übrige Neuron ein aktives Nutritionsvermögen, das allein die verschiedenen Phasen ihrer Ernährung bestimmt.

Spezialuntersuchungen meines Laboratoriums (Narbut u. a.) über das Nervensystem, deuten ebenfalls darauf hin, dass die Form- und Volumveränderungen des Zellkörpers und seiner Dendriten für die Ernährung und den Stoffwechsel, sowie für die übrigen Funktionen der Nervenzelle von hervorragender Bedeutung sind.

Für die nutritiven Funktionen der Nervenzelle kommen ferner als bedeutungsvoll besondere intrazelluläre Kanalsysteme in Betracht, die in der Nervenzelle mit speziellen Methoden aufgefunden werden können.[1])

Anhänge ebenfalls verschwinden sollen. Lugaro (Nuovi dati e nuovi problemi nella patologia della cellula nervosa. Riv. di path. e ment. I, 1896) beobachtete Verschwinden der birnförmigen Anhänge beim Kaninchen während längerer Chloral- und Morphiumnarkose: Narbut (in meinem Laboratorium) sah das gleiche beim natürlichen Schlafe. Rosenkranzförmige Verdeckung der Dendriten bestehen ferner an embryonalen Nervenzellen, deren birnförmige Anhängsel fehlen. — Bei alledem ist zu bemerken, dass der Zusammenhang zwischen dem Verschwinden der Dendriten und dem Auftreten der sogen. Monylomorphie noch strittig ist, zumal die Monylomorphie von Creijen für einen pathologischen Zustand, ja für eine kadaveröse bezw. künstliche Veränderung betrachtet wird.

[1]) Passek, Obesrên, psihiatr. 1904. Überzeugende Präparate solcher Saftkanalsysteme der Nervenzelle sind (aus meinem Laboratorium) von P. in einer der „Wissensch. Versamml. der Psych. Klinik“ zu St. Petersburg demonstriert worden.

XXX.

Die Bedeutung der Impulse für den Stoffwechsel und die Ernährung der Nervenzelle.

Wie überall äussere Einflüsse Vorbedingung eines beständigen Stoffwechsels sind, so wird ein regelrechter Stoffwechsel auch nur durch einen fortwährenden Zustrom von Impulsen bezw. von Energie ermöglicht.

Wird eine motorische Nervenwurzel durchschnitten, deren Fasern aus Fortsätzen von Zellen des Rückenmarkes bestehen, so treten neben Degeneration der zentralen Faserabschnitte auch Zellveränderungen auf. Zunächst kommt es zur Zerklüftung des Chromatins, später verbreitet sich der Prozess über den übrigen Zellkörper und seine Dendriten; der Zellkörper quillt und der Kern wird peripheriewärts verlagert. Falls die Zelle sich nach diesen ersten Erscheinungen, die man unter dem Namen Chromatolyse zusammenfasst, nicht restituiert, dann unterliegt sie der Degeneration und geht zu Grunde. Ähnliche Erscheinungen beobachtet man bei Amputationen an den Rückenmarkszellen im Bereich der amputierten Teile. Diese Veränderungen der Nervenzelle beruhen natürlich auf Verlust der natürlichen Erregungen seitens der zunächstgelegenen Neurone, ein Verhalten, das für sekundäre Atrophien der Nervenzelle ganz allgemeine Gültigkeit hat.

Demnach steht der regelmäfsige Stoffwechsel und die Ernährung der Nervenzelle in direktem Zusammenhange mit ihrer Funktion, die uns bei beständigen Energiezustrom denkbar und möglich ist.

Da die Substanz des lebenden Protoplasmas der Nervenzelle infolge ihrer Zusammensetzung aus komplizierten Bestandteilen von geringer chemischer Affinität auf sehr labiles und beständig schwankendes chemisches Gleichgewicht aufweist, erfährt die Zellernährung schon bei geringen äusseren Anlässen Schwankungen in Gestalt von Dissimulations- und Assimulationserscheinungen.

Da andererseits Reizbarkeit eine Funktion der Nervenzelle ist, die Funktion aber notwendig mit dem Stoffwechsel eng verknüpft ist, wird die funktionierende Zelle sich unter günstigeren Ernährungsbedingungen befinden, d. h. hinsichtlich ihrer Form vor allem auf die Absorptionsphase sich einstellen müssen. Erst mit eintretender Ermüdung und Anhäufung von Produkten regressiver Metamorphose in der Zelle stellt sie

sich für die Sekretionsphase ein, nimmt also eine mehr kontrahierte Gestalt an.

Die Nervenzelle verhält sich also gegenüber spezifischen Reizen in ungleicher Weise, ja nach ihrer Intensität mäfsig und alternierend einwirkende Reize entsprechen am meisten einer regelrechten Ernährung der Nervenzelle und unterhalten ihre Absorptionstätigkeit, während komplizierte und häufige Reizungen die Zelle ermüden und die Sekretionsphase hervorrufen. Noch stärkere Reize erschöpfen die Nervenzelle so schnell, dass sie und ihre Dendriten fast momentan zur Kontraktion kommen; darauf beruhen die Hemmungserscheinungen, die man in solchen Fällen beobachtet. [1])

Unter allen Umständen führt die Reaktion bezw. Reizbarkeit zu bestimmten Veränderungen des Stoffwechsels und steht somit in nächster Beziehung zu Casein.

Nach Przihodski reagiert jede Zelle und zumal die Nervenzelle prompt auf jeden Reiz durch Steigerung ihres Stoffwechsels. Dies bedinge plötzliche Schwankungen der Absorptions- und Exkretionsphas die Formveränderungen der Zelle hervorrufen. Die Formveränderungen als Ausdruck einer aktiv nutritiven Tätigkeit sind durch spontane Bewegungen des Zellprotoplasma bedingt. Meiner Ansicht nach sind unter Umständen wohl plötzliche Formveränderungen der Nervenzelle denkbar, aber unter gewöhnlichen Verhältnissen möchte es sich mehr um langsame Schwankungen der Absorptions- und Exkretionsphase der Nervenzelle handeln; alle vorhandenen Beobachtungen sprechen für einen langsamen Charakter der Protoplasmabewegungen in der normal tätigen Nervenzelle.

Zur Begründung dieser Theorie der langsamen Veränderungen der Zellform dienen auch die oben erwähnten Untersuchungen Rachmanow's aus meinem Laboratorium, die bezeugen, dass bei Ablagerung der chromatophilen bezw. tigroiden Substanz in festen Massen und bei Quellung derselben die Fibrillen unter Bildung eines weitmaschigen Netzes auseinanderrücken; dagegen bei Zerfall oder Abnahme der chromatophilen Substanz wird das Neurofibrillennetz regelmäfsig, gleichmäfsig und dichter.

[1]) Ramon y Cajal nimmt auch eine Beweglichkeit der Neurogliazellen an: sie sollen ihre Fortsätze einziehen und ausstrecken können und ihre Form verändern. Die Neuroglia würde danach nicht ein passives Gewebe darstellen und nicht nur als Stütze für das Nervengewebe dienen, sondern auch aktive Eigenschaften besitzen. Ihre Hauptfunktion besteht in der Isolierung der Nervenzellen, deren Kontakt sie zufolge ihrer Aktivität aufheben und wiederherstellen könne. Kontraktionen der Gliazellen sollen durch eine besondere Substanz hervorgerufen werden, die bei der Tätigkeit der Nervenzellen zur Ausscheidung gelange. Diese Auffassung steht einstweilen noch vereinzelt da und ich kann sie meinerseits nicht bestätigen.

XXXI.

Allgemeine Übersicht und Schluss.

Die Reizbarkeit der lebenden Substanz ist, wie wir sahen, Ausdruck von Energieentladungen.

Andererseits weisen die Lebensprozesse überhaupt eine Art bewegliche Kohäsion oder eine Art Molekularbewegung [1]) auf, die zu chemisch-komplizierteren Lebenseinheiten oder Biomolekülen führen. In den komplizierten Biomolekülen der Nervensubstanz ist das Leben untrennbar mit dem Psychischen verknüpft. Man darf in analoger Weise annehmen, dass die Reizbarkeit auch des allereinfachsten Organismus nicht ohne Subjektives sich vollzieht, und da jede einfache Molekularbewegung als nicht zweckmäfsiger Vorgang auf keinen Fall einer psychisch bedingten, auf Erfahrung beruhenden Handlung identisch ist, so erscheint das Leben und das Psychische mit seiner subjektiven Welt als direkte Folge einer besonderen Anhäufung von Energie, die die Grundlage der Tätigkeit der Nervenzentra bildet.

Die Sensibilität, bemerkt schon Cl. Bernard, „ist bis zu einem gewissen Grade Ausgangspunkt des Lebens; sie ist eine hervorstechend ersprüngliche Erscheinung, von der alles andere entsteht, was zur physiologischen, intellektuellen und moralischen Ordnung gehört.“ Ich finde den Ausgangspunkt des Lebens in der Reizbarkeit, d. h. in einer besonderen beweglichen Kohäsion der Biomoleküle, die zum Psychischen führt, welches äusserlich nur eine kompliziertere Erscheinung der Reizbarkeit darstellt.

Daher finden wir Reizbarkeit überall, wo es Leben gibt, daher auch in den allereinfachsten Organismen der Amoeba und Vampirella spirogyra, die ihre Nahrung auf so komplizierte Weise suchen, dass ihre nur mikroskopisch wahrnehmbaren Bewegungen hier ganz den Handlungen höherer Lebewesen gleichen (Cenkovskii).

Da Nichts aus Nichts entsteht, glauben einige das Beste den psychischen Funktionen auch in den physikalisch-chemischen Elementen des Organismus überhaupt zu finden. Wenn der Nervenapparat, bemerkt

[1]) L. Popov, Das Leben als Bewegung. St. Petersburg 1882.

Bourdot, ein Hauptagens im Gebiete psychischer Äusserungen ist, so wäre es falsch zu glauben, dass ausser ihm nur Unbewusstsein herrscht. Denn sonst wäre das Entstehen psychischer Erscheinungen in der Nervensubstanz vollkommen beispiel- und ursachlos; eine rationelle Erklärung dafür ist in analogen Eigenschaften der organischen Elemente zu suchen. Das Nervensystem erschafft tatsächlich keine Energie, sondern erzeugt sie nur unter Mitwirkung anderer Elemente modifiziert und verteilt sie. Es zieht nicht aus sich selbst die Kräfte, die es entwickelt und in Aktion setzt. Diese Kräfte kommen zu ihm; um ihren Anfang zu finden, muss man auf tiefere Stufen hinabsteigen . . . . Sensibilität ist keineswegs ausschliessliche Eigentümlichkeit der Nervensubstanz, sie ist ein Merkmal jeder lebenden Materie. Die Nervenzelle zeigt sie uns in höherem Grade, deutlicher, lebhafter, beständiger, aber ihre hohe Sensibilität ist bloss ein Spezialfall in einer sehr allgemeinen Sachreihe. Jede Zelle im Organismus, welcher Natur und Zusammensetzung sie auch sein mag, muss eine gewisse Sensibilität schon deshalb haben, weil sie lebt (Bourdot, a. a. O. S. 48).

Wie die Seele, fährt Bourdot fort, so findet sich auch Leben überall in den Lebewesen.

Solche Auffassungen sind übrigens nichts Neues. Schon Maus bemerkt: Nicht nur das Gehirn denkt, sondern der ganze Mensch. (Maus, die physikalische Grundlage des Geistes).

Ein analoger Gedankengang führte zu der Idee des Panpsychismus und einige der tiefsinnigsten Materialisten, wie Diderot und Cabanis, erkannten deutlich die Unmöglichkeit, das Denkende aus dem, was nicht denkt abzuleiten und aus dem Gedanken etwas zufälliges, eine Resultat rein räumlicher Verbindungen zu machen, haben behauptet, der Gedanke als Empfindlichkeit sei wesentliche Eigenschaft der Materie, die ihr seit jeher, ewig wie Schwere, Bewegung, Undurchdringlichkeit zukommt (P. Janet).

Die Elemente des psychischen Lebens, äussert sich Fouglers, müssen in den Elementen der anscheinend inerten Materie vorhanden sein; den niedersten Keimen des physiologischen Lebens müssen die allerbescheidensten Elemente des geistigen Lebens entsprechen . . . . Man kann gleichzeitig an einen allgemeinen Mechanismus und an eine Empfindlichkeit glauben. Man muss daher von einem gewissen Bewusstseinszustand auf verschiedenen Stufen ausgehen, hier als starke und feste Substanz, dort als schwacher Laut, der sich unter den anderen verliert, ohne dass irgendwo unbedingte Stille herrschte.

Diese Keime der in den Elementen der Dinge verborgenen Vernunft, schreibt Bourdot, sind die einzig rationelle Erklärung für das Entstehen bewusster Sachen in den höheren Formen, denn es wäre unbegreiflich, dass in irgend einem komplizierten Aggregat eine Eigen-

schaft auftauchen sollte, die in fernen Elementen nicht einmal als Möglichkeit vorkommt. Da in uns Bewusstsein vorhanden ist, müssen Keime von Bewusstsein selbst in den allerfeinsten Teilchen bestehen, die unser „Ich" bilden helfen. Sie müssen als Möglichkeit alle Besonderheiten umfassen, die sich später an den komplizierten Organismen entfalten (a. a. O. S. 59—60).

Andere kommen auf ähnlichen Grundlagen zur Anerkennung einer Universalität des Lebens. Nach Haeckel ist das Leben universell und sein Dasein wäre in gewissen Aggregaten unbegreiflich, wenn es nicht in den Elementen schon sich äusserte. Er glaubt daher, dass die Atome alle Attribute des Lebens an sich haben: Empfindlichkeit, Anziehung, Abstossung, Willen.

Alle diese Auffassung sind aber ebenso zuversichtlich, wie jeder freie Phantasieaufschwung. Es liegt logisch kein Grund vor, das reale Dasein eines Psychismus in der trägen Materie vorauszusetzen, ebensowenig wie wir ihr einen realen Besitz von Lebenserscheinungen zuzuschreiben berechtigt sind.

Handelt es sich um Bewusstsein im Sinne des Subjektiven, so ist die Frage, wann dieses in der Organismenentwicklung zuerst auftritt, wissenschaftlich nicht genau festzustellen, da wir das Subjektive nur an uns selbst beobachten können. Versteht man aber unter Psychischem eine durch Einfluss individueller Erfahrung charakterisierte Tätigkeit, so ist eine solche unzweifelhaft schon bei niederen tierischen Organismen zu finden. Mit Rücksicht auf jene, die mit dem Begriff der psychischen Tätigkeit zugleich den der bewussten Tätigkeit im Sinne subjektiver Erlebnisse verknüpft wissen wollen, können wir sagen, dass die auf individueller Erfahrung beruhenden Tätigkeiten beim Menschen, soweit sich dies aus Selbstanalyse erschliessen lässt, gewöhnlich von subjektiven Erlebnissen begleitet sind. In diesem Sinne ist natürlich auch die Annahme zulässig, dass subjektive Zustände unter psychischen Äusserungen auch bei niederen Organismen vorkommen; aber darüber hinaus können wir wissenschaftlich nicht gehen.

Da die Materie in der Endanalyse, wie wir sahen, in Energie als primäres aktives Milieu zerlegbar ist und andererseits Leben und Psyche, wie ich im bisherigen zu zeigen versuchte, Derivate der Energie, nicht der Substanz sind, so muss nicht die Materie, sondern die Energie in potentiellem Zustand enthalten, was nach entsprechenden Umsetzungen zum Leben und zum Psychischen sich gestaltet.

Sind Leben und Psyche Energiederivate, dann müssen alle materiellen Lebensäusserungen, wie auch alle subjektiven Erscheinungen während der psychischen Tätigkeit auf Energie zurückführbar sein.

Dass Leben und Psyche Energiederivate unter bestimmten Bedingungen, und nicht Substanzderivate sind, geht schon daraus hervor,

dass eine Ableitung des Bewusstseins dieses inneren Anzeichens von Psychischem beim Menschen von der Substanz bisher noch niemand gelungen ist, abgesehen davon, dass ein Übergang von der Materie zum Bewusstsein oder zum Geiste über unser Begriffsvermögen überschreitet. Wir denken uns die Materie als träg, der Begriff des Psychischen dagegen involviert Aktivität, ebenso wie der Begriff der Energie.

Jedenfalls können wir annehmen, dass das Subjektive oder Bewusste mit derartigen Molekularprozessen der Nervenzentra verbunden sei, in denen der Energieverbrauch bezw. ihre Erschöpfung maximale Grade erreicht. Die Bewusstseinstätigkeit des Menschen begleitet, wie aus allen vorhandenen Tatsachen hervorgeht, ein Zustand besonderer Ermüdung der Funktionen der Zentra. [1])

Alle komplizierten bewussten psychischen Prozesse führen bekanntlich zur Ermüdung, während die anatomischen oder unbewussten Tätigkeiten weitaus weniger ermüdend wirken. Andererseits verlieren alle psychischen Prozesse, falls sie gewohnheitsmäfsig von statten gehen und keine geistige Anstrengung erfordern, einen grossen Teil ihres subjektiven Charakters.

Ferner sind alle Nervenvorgänge, die unter plötzlichem Freiwerden von Energie erfolgen, wie die Reflexe und alle sonstigen Bewegungsakte von Bewusstsein, wenn überhaupt, so nur in minimalem Grade begleitet.

Die Psyche mit ihrem Bewusstsein ist also Resultat einer von Verbrauch bezw. Erschöpfung begleiteten enormen Anhäufung und Spannung der Energie, die unter entsprechender Umsetzung von den Biomolekülen der Gehirnsubstanz gebunden wird. Folge ihrer Entladung sind einerseits elektrochemische Reaktionen des Nervensystems, andererseits ihnen parallel verlaufende innere oder subjektive Zustände.

Dem entsprechend kommen für die Frage nach der Natur des Psychischen mechanistisch-materialistische, sowie alle spiritualistischen Gesichtspunkte ganz und gar ausser Betracht, und zugleich gelangt die Frage nach dem Wesen des Psychischen in unmittelbaren Zusammenhang mit der Frage nach der Natur der Energie und den Bedingungen ihrer überwiegenden Anhäufung und Spannung in den lebenden Organismen.

[1]) In den Zentren finden wir bekanntlich eine besondere Form des Milieu von hervorragend komplizierter Zusammensetzung, die in der Aussenwelt nirgends wiederkehrt. Diese komplizierte chemische Konstitution, die in den Phosphoreiweissen (vor allem in der grauen Substanz des Gehirns reichlich vorhanden) ihren Höhepunkt erreicht, bewirkt in den Zentren (wie in einem Accumulator) eine Anhäufung ausserordentlicher Mengen von Reserveenergie.

Als Folge von Energieauffassungen erscheinen aber auch alle im Vorstehenden betrachteten fundamentalen Lebenserscheinungen, die wie Stoffwechsel, Wachstum und Vermehrung im Organismus auftreten und innerlich auf das engste mit einander zusammenhängen.

Die Energie, die unter fortwährender biomolekularer Bewegung Stoffwechsel, Wachstum und Vermehrung in dem System des Organismus unterhält und seine dem Bewegungsvermögen zu Grunde liegende Reizbarkeit bedingt, ist, wie wir sahen, zugleich Ursache der Reizbarkeit und ihrer komplizierteren Äusserungen, die die Grundlage der psychischen Verrichtungen bilden.

In den einfachsten Organischen sind Energieanhäufungen mehr oder weniger gleichmäfsig in allen Teilen verbreitet. Ihre elementare Psyche ist daher, soweit man dies nach den entsprechenden objektiven Erscheinungen beurteilen kann, mit allen Lebensprozessen verknüpft. Bei Organismen mit vorgeschrittener Differenzierung der Gewebe und Organe gestaltet sich zur Stätte der Energieanhäufung das Nervensystem. Hier konzentrieren sich daher bei den höheren Organismen die psychischen Verrichtungen und finden die sämtlichen Lebensprodukte eine regulatorische Anordnung. Die dienenden Gewebe, wie Epithel, Muskulatur und Skelett werden in ihren Lebensauffassungen durch das Nervensystem unterhalten. Bei noch höheren Lebewesen gelangen einige Teile des Nervensystems, wie die Nervenfasern, die peripheren Ganglien und das Rückenmark in eine Art dienendes Verhältnis zu anderen höheren, dem Gehirn angehörenden Zentren. Von diesen Zentren aus, die gewissermafsen als wichtigste Energie-Accumulatoren erscheinen, beeinflusst die Energie den Gesamtorganismus, einschliesslich der niederen Abteilungen des Nervensystems.

Die Energie ist also gleichzeitig Grundlage des Lebens und der Psyche, wie sie uns in der Natur in strenger Einheitlichkeit gegeben sind. Die Ausbildung des Gehirns erscheint in der Reihe der Organismen als direkte Folge der Tätigkeit dieser Energie. Ihre Aufgabe ist also nicht auf einen gewöhnlichen Mechanismus zurückführbar, den die Natur, wie einige annehmen, speziell zur Erzeugung sog. psychischer Energie bestimmt hätte.

Würde man nun fragen: woher kommt in dem Psychischen das Bewusste, von dem wir auf Grund der Selbstbeobachtung Kenntnis haben, so wird die Antwort davon abhängen, wie man sich die Natur der Energie vorstellen möchte.

Mit der Entdeckung des Radium und der radioaktiven Eigenschaften einiger Minerale wird die Annahme berechtigt, dass jede Materie enorme Energiemengen birgt, die unter bestimmtem Verhalten, ohne äusseren Anlass spontan (wie im Radium z. B.) frei werden kann unter Entwicklung von Wärme, Licht oder Elektrizität. Ihre Quelle

sucht G. Lebone[1]) in der Atominnenenergie. Nach ihm bestehen die Atome der einfachen Körper aus einem ganzen System unmessbar kleiner Monaden, die sich mit der Geschwindigkeit der Lichtbewegung um eine gemeinsame Achse drehen, und zwar etwa so, wie das Sonnensystem: Diese Rotationsenergie unterhält das ganze System der im Atom vorhandenen Teilchen[2]). Ist aber das Gleichgewicht des Systems einmal gestört, dann verwandelt sich die Atominnenenergie sogleich in gewöhnliche physikalische Energie (Licht, Wärme, Elektrizität), je nach den Umständen der Gleichgewichtsstörung.

Wo aber ein kompliziertes labiles System vorliegt, wie im Radium, da haben wir einen spontanen Zerfall der Atome und Umwandlung der Rotationsenergie der Monaden in physikalische Energie, und da die Rotationsmenge der Monaden eine ausserordentliche ist, so ist dementsprechend die Gewalt der frei werdenden physikalischen Energie eine kolossale.[3])

In anderen Körpern, wo nicht die Atomlabilität des Radiums vorhanden ist, bedarf es zum Freiwerden von Wärme, Licht und Elektrizität eines äusseren Anstosses, aber der Ursprung der Energie ist hier ebenfalls die Atominnenenergie, auf der auch das Bestehen der Substanz selbst beruht.

Versteht man unter primärer Energie einen tätigen Zustand imponderabler Teilchen, dann lässt ein voller Zerfall dieser Partikel keine Spuren von Physikalischem nach, vielmehr muss dieses unter Übergang in immaterielles Prinzip ganz und gar verschwinden.

Man kann also sagen, dass das Psychische unter Umständen Resultat einer Energieumwandlung sein kann, und da gebundene Energie nichts anderes ist als Substanz im gewöhnlichen Sinn dieses Wortes, so werden die Begriffe: Stoff, Energie und Psychisches einer einheitlichen Auffassung zugänglich.

Die Energie erscheint somit gewissermaafsen als Zwischenglied zwischen der aus sog. Stoff bestehenden materiellen Welt und der immateriellen bezw. psychischen Welt, deren Äusserungen wir in den Zentralorganen des Nervensystemes entdecken. Nach dieser Auffassung hat die primäre Energie nichts ausschliesslich Physikalisches an sich; sie umfasst ausser Materiellem auch Immaterielles bezw. Psychisches in

[1]) G. Lebone, Revue scientifique 1906.

[2]) Die Rotationsgeschwindigkeit bedingt hier möglicherweise den Grad des Widerstandes der Materie, den wir als Festigkeit usw. bezeichnen. Es versteht sich von selbst, dass die bewegende Kraft und folglich auch die Stärke des Widerstandes direkt von der Bewegungsgeschwindigkeit abhängt.

[3]) Ein Gramm Radium liefert bekanntlich ebenso viel Wärme, wie die Verbrennung einer Tonne Steinkohle.

potentiellem Zustande, das unter entsprechenden Bedingungen bezw. bei beweglicher Kohäsion zusammengesetzter organischer Substanzen neben materiellen Prozessen eine subjektive Welt ergibt, wie sie für die Psyche des Menschen und wohl auch der anderer höherer Tiere charakteristisch ist.

In diesem Satz liegt kein innerer Widerspruch. Denn auch das Psychische ist wie das Leben, seinem Wesen nach wieder Bewegung, wieder Energie. Es braucht hier nicht noch einmal betont zu werden, dass es sich in diesem Fall nur um das Psychische im Potentialzustande handelt, der bei einer Komplikation der Bewegungsform, wie wir sie z. B. in den Nervenzellen haben, sich zu einem psychischen Prozess entwickeln kann.

Es können also die äussere materielle und die innere subjektive Welt auf reine Energie zurückgeführt werden. Und demnach ist die ganze Welt Äusserung einer einheitlichen Weltenergie, die das Psychische in potentia umfasst.

Energie in diesem Sinne bewirkt einerseits die physikalischen Erscheinungen der uns umgebenden Welt und gibt andererseits unter entsprechenden Bedingungen, wie sie eben im Organismus sich finden, Anstoss zur Entstehung nicht nur physischer, sondern auch psychischer Erscheinungen. Als Grundlage der physikalisch-chemischen Veränderungen der Nervensubstanz der höheren Tiere dient die Energie gleichzeitig zur Entwicklung der psychischen Erscheinungen in den Organismen.

Man hat daher die Grundursache des fortwährenden Parallelismus der physischen und psychischen Erscheinungen in den Nervenzentren in der Natur der Energie zu suchen, die als einheitliche Energie des Universum ihrem Wesen nach, wie gesagt, nichts ausschliesslich physisches enthält, sondern auch in potentiellem Zustande das umfasst, was unter entsprechenden Umständen dem Psychischen zum Ursprung dienen kann.

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE

Druck von C. Ritter, G. m. b. H., Wiesbaden.